Я. И. Перельман

Межпланетные путешествия

ОНТИ

193[illegible]

Я. И. ПЕРЕЛЬМАН

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПУТЕШЕСТВИЯ

ИЗДАНИЕ ДЕСЯТОЕ

ОНТИ — ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОЙ И ЮНОШЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
ЛЕНИНГРАД 1935 МОСКВА

Г 66-3-1.

Обложка и титул работы
художн. Г. Б. ИБАХ

2-я тип. ОНТИ им. Евг. Соколовой. Ленинград, пр. Кр. Командиров, 29.

Научный фонд

ПРЕДИСЛОВИЕ АВТОРА.

Первое издание этой книги, двадцать лет назад, я напутствовал следующими строками:

«Было время, когда признавалось невозможным переплыть океан. Нынешнее всеобщее убеждение в недосягаемости небесных светил обосновано в сущности не лучше, нежели вера наших предков в недостижимость антиподов. Правильный путь к разрешению проблемы заатмосферного летания и межпланетных путешествий уже намечен, — к чести русской науки, — трудами нашего ученого. Практическое же разрешение этой грандиозной задачи может осуществиться в недалеком будущем.

«Этой маленькой экскурсией в область космической физики автор, помимо прямой задачи, преследует и другую цель: он желал бы до некоторой степени рассеять существующее в публике предубеждение против небесной механики и физики, как знаний слишком отвлеченных, неспособных будто бы дать пищу живому уму. Наука, которая

открывает возможность успешно соперничать в полете воображения с фантазией остроумнейших романистов, проверять и исправлять их смелые замыслы, наука, указывающая пути осуществления величайших грез человечества, должна перестать казаться сухой и скучной. Автор надеется, что простейшие сведения из этой области знания, которые рассеяны в настоящей книге, заронят в уме любознательного читателя интерес к изучению механики и физики Вселенной и возбудят желание ближе познакомиться с фундаментом величественной науки о небе.

«Чтение этой книги не требует никаких специальных познаний. Материал, предназначенный для более подготовленных читателей, отнесен в отдел Приложений».

За два десятилетия, протекшие со времени выхода в свет первого издания этой книги, предмет ее пережил стремительную эволюцию. Из проблемы чисто теоретической заатмосферное летание успело вырасти в практическую задачу современной техники. Оно перестало быть мечтой и начинает претворяться в действительность на глазах нынешнего поколения.

Столь значительная перемена не могла, конечно, не сказаться на содержании книги, отразившей в десяти своих изданиях последовательные этапы развития проблемы заатмосферного летания. Каждое новое издание перерабатывалось, исправлялось, пополнялось целыми главами. Новый текст нельзя было механически присоединять к прежнему, потому что новые достижения не только обогащали содержание той или иной главы, но и меняли ее перспективу: приходилось всю главу составлять заново. Параллельно с расширением материала рос и объем книги. Настоящее, 10-е издание почти втрое больше первого. И это — несмотря на то, что книга рассматривает преимущественно лишь принципиальные, физико-астрономические стороны проблемы, без углубления в конструктивные частности.

По форме изложения книга в основном тексте попрежнему остается сочинением популярным. Ее цель — правильно ориентировать читателя, ознакомить с главными вопросами, рассеять предубеждение против осуществимости нового рода транспорта, не затушевывая в то же время стоящих на его пути трудностей. Чтение книги должно служить ступенью к проработке существующей специальной литературы. Литература эта множится с каждым годом; если при первом своем появлении «Межпланетные путешествия» были единственной в мире отдельно изданной книгой по своему предмету, то сейчас имеется уже известный выбор книг на эту тему, популярных и научных, русских и иностранных.

Излишне добавлять, что и в настоящее, 10-е издание понадобилось внести ряд изменений по сравнению с предшествовавшим, несмотря на то, что оба издания разделены промежутком всего в один год *.

Я. П.

ПРЕДИСЛОВИЕ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО К ШЕСТОМУ ИЗДАНИЮ.

В 1903 г. в петербургском ежемесячном журнале «Научное Обозрение» (№ 5) появилась моя математическая работа о ракетном снаряде для заатмосферного летания: «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Журнал был мало распространенный и скорее философский и литературный, а никак не технический. Поэтому, кроме немногих иностранцев, никто моей работы не заметил. После торжества авиации я получил возможность возвратиться в печати к затронутой теме: в 1911—

---

* Замечания и вопросы можно направлять автору по адресу: Ленинград 136. Плуталова ул. 2, кв 12. Якову Исидоровичу Перельману.

1912 гг. была опубликована в «Вестнике воздухоплавания» моя новая работа под тем же заглавием. Она содержала резюме первой работы и значительное ее развитие. Работа обратила на себя внимание специалистов, — но широким кругам читателей идеи мои стали известны лишь с того времени, когда за пропаганду их принялся автор «Занимательной физики» Я. И. Перельман, выпустивший в 1915 г. свою популярную книгу «Межпланетные путешествия». Это сочинение явилось первой в мире серьезной, хотя и вполне общепонятной книгой, рассматривающей проблему межпланетных перелетов и распространяющей правильные сведения о космической ракете. Книга имела большой успех и выдержала за истекшие 14 лет пять изданий. Автор давно известен своими популярными, остроумными и вполне научными трудами по физике, астрономии и математике, написанными, к тому же, чудесным языком и легко воспринимаемыми читателями.

Горячо приветствую появление настоящего, шестого по счету, издания «Межпланетных путешествий», пополненного и обновленного сообразно продвижению этой проблемы новейшими исследованиями.

К. Циолковский.

Проложенная Ньютоном дорога
Страданий облегчила тяжкий гнет;
С тех пор открытий сделано уж много,
И верно мы к Луне когда-нибудь,
Благодаря парам, направим путь.
Байрон («Дон Жуан», 1823 г.).

1.

ВЕЛИЧАЙШАЯ ГРЁЗА ЧЕЛОВЕЧЕСТВА.

Мысль о путешествиях на другие планеты, о странствовании в межзвездных пустынях недавно была только заманчивой грёзой. Рассуждать на эту тему можно было разве лишь так, как говорили об авиации несколько веков назад, в эпоху Леонардо да-Винчи. Но сейчас нет уже сомнений, что подобно тому, как авиация из красивой мечты превратилась в повседневную действительность, так в недалеком будущем осуществится и мысль о космических путешествиях. Наступит день, когда небесные корабли-звездо-



1.

леты ринутся в глубь Вселенной и перенесут бывших пленников Земли на Луну, к планетам — в другие миры, казалось бы навеки недоступные для земного человечества.

Двести-триста лет назад, когда воздухоплавание было только фантастической грёзой, вопрос о межзвездных полетах казался тесно связанным с проблемой летания и плавания в атмосфере.

Но вот мы путешествуем уже в воздухе над горными хребтами и пустынями, летим через материки и океаны, побывали над полюсом, облетели кругом всю планету, словом — добились сказочных успехов в деле летания в воздухе. Более того: в самые последние годы человек стал проникать в высшие, сильно разреженные слои атмосферы, в область стратосферы, где невозможно дышать из-за недостатка кислорода и где господствует мороз в 50—90°. Естественной является мысль, что покорение заатмосферных высот и достижение небесных светил — не

столь уж далеки. Однако это не так: на пути к полетам в мировое пространство делаются сейчас лишь первые скромные шаги и притом вовсе не теми средствами, какими пользуются авиация и воздухоплавание.

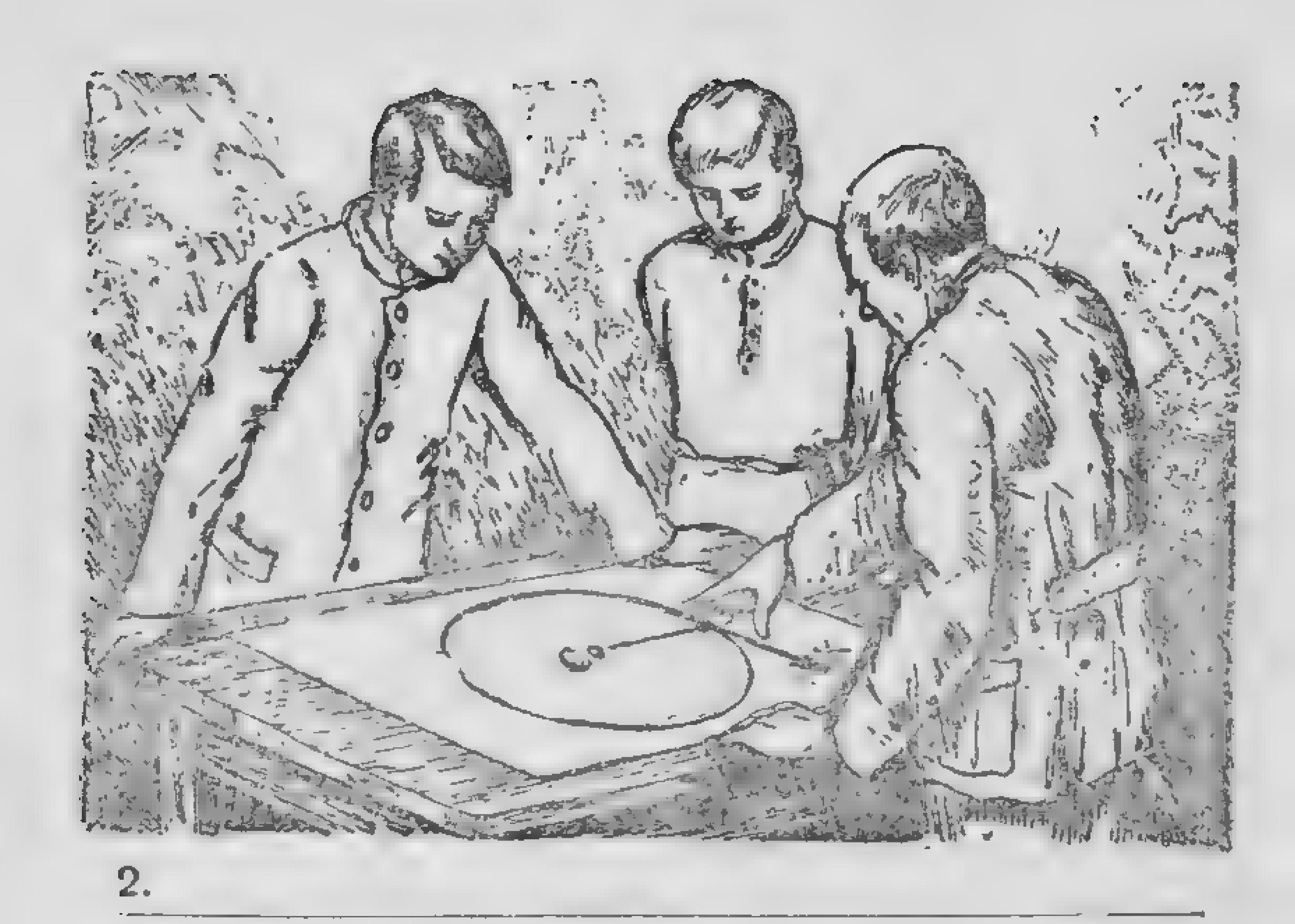
Иначе и быть не может: полет в воздухе и полет в пустоте — проблемы совершенно разные. Воздушные шары поддерживаются на высоте выталкивающим действием окружающего воздуха. Где воздуха нет, там всякий воздушный шар, чем бы он ни был наполнен, должен падать вниз как камень. Специалисты утверждают, что никогда в будущем воздушные шары не поднимутся выше 40 километров, т. е. выше тех слоев атмосферы, где воздух разрежен в 300—400 раз. Что касается самолетов, то, с точки зрения механики, они движутся так же, как и пароход или паровоз: колеса паровоза отталкиваются от рельсов, винт парохода — от воды, пропеллер аэроплана — от воздуха. Но в заатмосферных пустынях, в мировом пространстве нет среды, на которую можно было бы так или иначе опереться.

Значит, чтобы осуществить межпланетные полеты, техника должна обратиться к другим приемам летания; она должна выработать такой аппарат, который мог бы передвигаться, управляясь, в безвоздушном пространстве, не имея никакой опоры вокруг себя. Для разрешения так поставленной задачи техника вынуждена искать принципиально иных путей.

2.

ВСЕМИРНОЕ ТЯГОТЕНИЕ И ЗЕМНАЯ ТЯЖЕСТЬ.

Прежде чем приступить к этим поискам, уделим внимание тем невидимым цепям, которые приковывают нас к земному шару — познакомимся ближе с действием силы все-



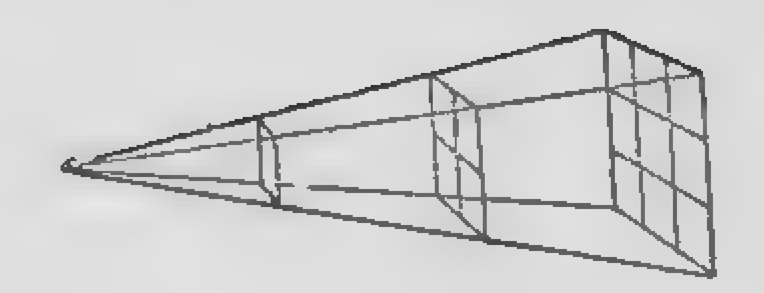
2.

мирного тяготения. С нею-то, главным образом, и предстоит иметь дело будущим плавателям по мировому океану.

Начнем с одного распространенного заблуждения. Часто приходится слышать о некоторой «сфере» земного притяжения, выйдя за пределы которой, тела не подвержены уже притягивающему действию нашей планеты. От этого превратного представления надо отрешиться. Никакой «сферы» земного притяжения, никаких пределов для него не существует. Притяжение Земли, да и всякого тела, простирается беспредельно: оно лишь ослабевает с расстоянием, но никогда и нигде не прекращается вовсе. Когда мы мысленно переносимся с Земли на Луну и подпадаем под притягательное действие нашего спутника, мы не должны представлять себе дело так, будто где-то прекращается земное притяжение и начинается притяжение

3. Всемирное притяжение: закон расстояний.

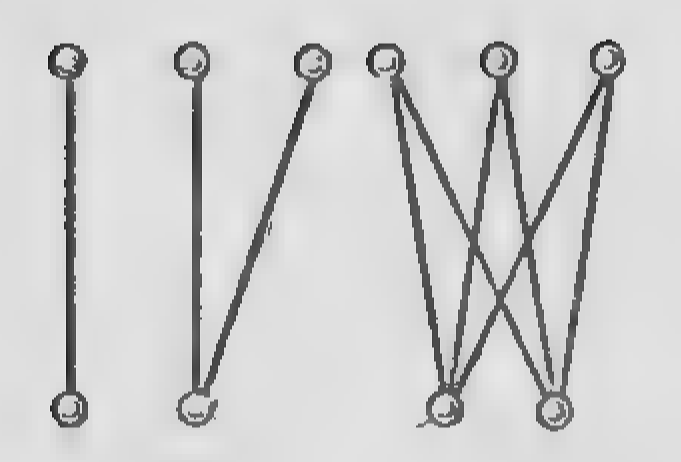
На двойном расстоянии притяжение уменьшается в 2 × 2, т. е. в 4 раза, на тройном — в 3 × 3, т. е. в 9 раз и т. д. — „пропорционально квадрату расстояния".



лунное; нет, на Луне появляются оба притяжения, но лунное превозмогает, — и явно заметно лишь действие преобладающей силы притяжения нашего спутника.

Однако близ лунной поверхности сказывается также и земное притяжение. Да и у нас на Земле, на ряду с земным притяжением, проявляется тяготение Луны и Солнца; о нем дважды в сутки молчаливо, но убедительно свидетельствуют морские приливы.

Взаимное притяжение присуще не только телам небесным; это одно из основных свойств всякой материи. Им обладают даже самые мелкие крупинки вещества, где бы они ни помещались и какой бы ни были природы. Ни на мгновение не перестает оно проявляться везде и всюду, на каждом шагу, в великом и в малом. «Падение яблока с дерева, провал моста, сцепление почвы, явление прилива, предварение равноденствий, орбиты планет со всеми их возмущениями, существование атмосферы, солнечное тепло, вся область астрономического тяготения, так же как форма наших домов и мебели, совокупность условий обыденной жизни и даже наше существование — всецело зависят от этого основного свойства вещества», — так картинно изображает английский физик проф. О. Лодж значение тяготения в природе. Каждые две частицы любого вещества притягивают друг друга, — и никогда, ни при каких условиях взаимное их притяжение не прекращается: ослабевая с расстоянием, оно нисколько не уменьшается с течением времени.



4. Всемирное притяжение: закон масс.

1 единица массы притягивает 1 единицу с силою 1 ед; 2 ед. массы притягивают 1 ед. с силою 2 ед.; 3 ед. массы притягивают 2 ед. с силою 2 × 3, т. е. 6 ед., и т. д.

Как же велика сила взаимного притяжения тел? Она может быть и невообразимо ничтожна и чудовищно могущественна — в зависимости от размеров притягивающихся масс и от их взаимного расстояния.

Два яблока, по 100 *г* каждое, подвешенные одно от другого на расстоянии в 10 *см* (между центрами яблок), притягиваются с ничтожною силою в $\frac{1}{150000}$ *мг*. Это в сотни тысяч раз меньше веса песчинки. Ясно, что подобная сила едва способна преодолеть жесткость нитей, поддерживающих яблоки, и, конечно, не в состоянии сблизить яблоки сколько-нибудь заметным образом. Два взрослых человека, отстоящие на метр один от другого, взаимно притягиваются с силой около 40-й доли миллиграмма *. Столь ничтожная сила не может обнаружиться в условиях обыденной жизни. Она недостаточна даже, чтобы разорвать паутинную нить; а ведь чтобы сдвинуть с места человека, нужно преодолеть трение его подошв о пол; для груза в 65 *кг* трение достигает 20 *кг*, т. е. в 800 миллионов раз больше, чем упомянутая сила взаимного притяжения человеческих тел. Удивительно ли, что в условиях обиходной жизни мы не замечаем на Земле взаимного тяготения предметов?

Но если бы трения не было, если бы два человеческих

* См. Приложение 1.

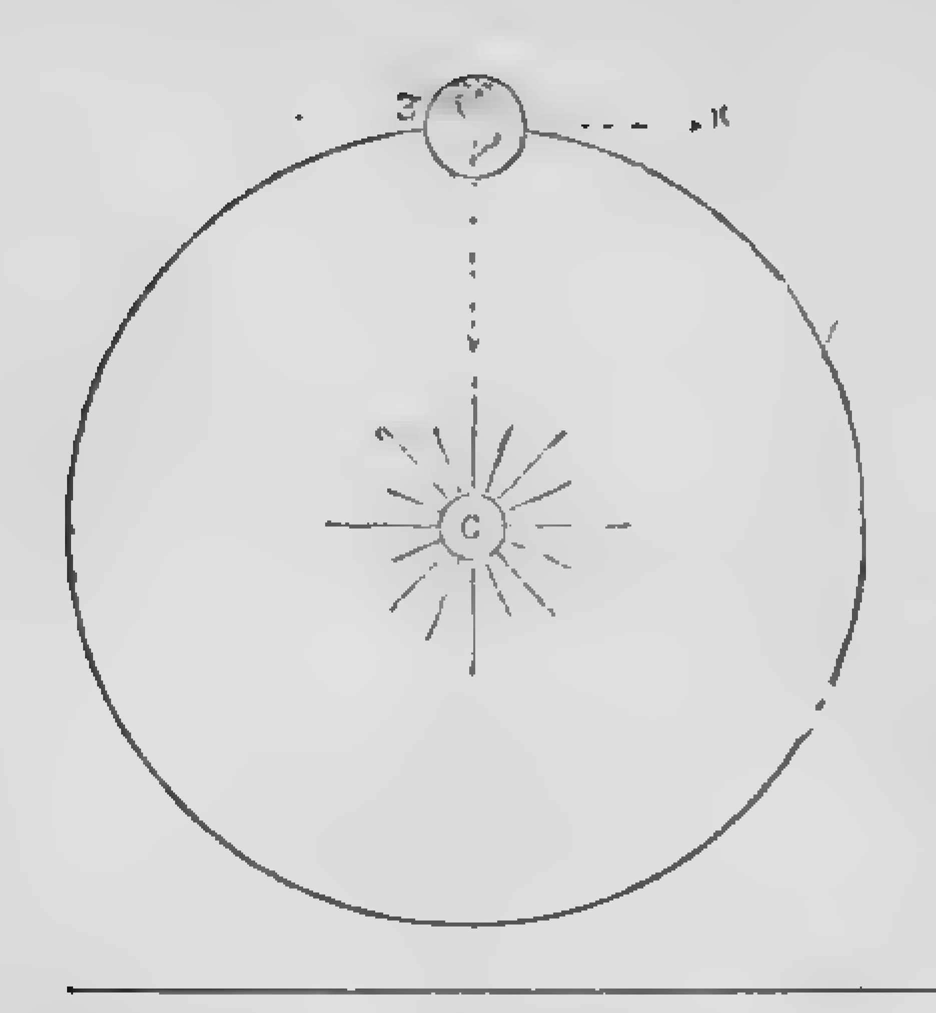
существа висели без опоры в пустом пространстве и ничто не мешало проявляться их взаимному притяжению, — то какие бы чувства ни питали эти люди друг к другу, они непреодолимо влеклись бы навстречу силою всемирного тяготения, хотя скорость этого сближения, под действием столь ничтожной силы, была бы крайне незначительна.

Увеличьте притягивающиеся массы — и сила взаимного тяготения заметно возрастет. Провозглашенный Ньютоном закон всемирного тяготения утверждает: притяжение тел увеличивается пропорционально произведению их масс и уменьшается пропорционально квадрату взаимного расстояния. Можно вычислить, что два линейных корабля, по 25 000 тонн каждый, плавая на расстоянии километра друг от друга, взаимно притягиваются с силою 4 г (см. Приложение 1). Это в сто шестьдесят тысяч раз больше упомянутой силы притяжения двух человеческих существ, но, разумеется, слишком еще недостаточно, чтобы преодолеть сопротивление воды и сблизить суда вплотную. Да и при полном отсутствии сопротивления оба корабля, под действием столь ничтожной силы, втечение первого часа сблизились бы всего на два сантиметра.

Даже притяжение целых горных хребтов требует для своего обнаружения тончайших измерений. Отвес, помещенный во Владикавказе, отклоняется от вертикали притяжением соседних Кавказских гор на угол всего лишь в 37 секунд.

Зато для таких огромных масс, как Солнце и планеты, взаимное притяжение даже на отдаленнейших расстояниях достигает степеней, превосходящих наше воображение.

Земля, несмотря на неимоверную отдаленность от Солнца, удерживается на своей орбите единственно лишь могучим взаимным притяжением обоих тел. Предположите на минуту, что это взаимное притяжение внезапно прекратилось и что инженеры задались целью заменить невиди-



5. Действие солнечного притяжения на Землю.

По инерции Земля стремится двигаться по касательной ЗК; притяжение Солнца заставляет ее уклоняться от касательной и переводит на криволинейный путь.

мые цепи тяготения материальными связями, — иначе говоря, желают привязать земной шар к Солнцу, скажем, стальными канатами. Вам знакомы, конечно, те свитые из проволоки тросы, которые применяются для подъемников. Каждый из них способен выдержать груз свыше 16 тонн. Знаете ли, сколько таких тросов понадобилось бы, чтобы помешать нашей планете удалиться от Солнца и, значит, как бы заменить силу взаимного притяжения Земли и Солнца? Цифра с пятнадцатью нулями мало скажет вашему воображению. Вы получите более наглядное представление о могуществе этого притяжения, если я сообщу вам, что всю обращенную к Солнцу поверхность земного шара пришлось бы густо покрыть непроходимым лесом таких тросов, по 70 на каждый квадратный метр.

Так огромна невидимая сила, влекущая планеты к Солнцу.

Впрочем, для межпланетных полетов не понадобится рассекать эту связь миров и сдвигать небесные светила

с их вековечных путей. Будущему моряку вселенной придется считаться лишь с притягательным действием планет и Солнца на мелкие тела, и прежде всего, конечно, с силой тяжести близ земной поверхности: она-то и приковывает нас к нашей планете.

Земная тяжесть интересует нас сейчас не тем, что она заставляет каждое лежащее или подвешенное земное тело давить на свою опору. Для нас важнее то, что всем телам, оставленным без опоры, тяжесть сообщает движение «вниз», к центру Земли. Вопреки обычному мнению, для всех тел — тяжелых и легких — быстрота этого движения в безвоздушном пространстве совершенно одинакова, и по истечении первой секунды падения всегда равна 10 *м/сек* *. По истечении второй секунды к накопленной 10-метровой скорости присоединяются еще 10 *м*: скорость удваивается. Возрастание скорости длится всё время, пока совершается падение. С каждой секундой скорость падения возрастает на одну и ту же величину — на 10 *м/сек*. Поэтому к концу третьей секунды скорость равна 30 *м/сек*, к концу четвертой — 40, и т. д. Если же тело брошено снизу вверх, то скорость взлета, наоборот, уменьшается каждую следующую секунду на те же 10 *м/сек*: по истечении первой секунды она на 10 *м/сек* меньше, чем начальная; по истечении второй — еще на 10 *м* меньше, т. е. в итоге на 20 *м/сек* и т. д., пока не истощится вся первоначально сообщенная телу скорость и оно не начнет падать вниз. (Так происходит лишь до тех пор, пока взлетающее тело не слишком удаляется от земной поверхности; на значительном расстоянии от Земли напряжение тяжести ослабевает, и тогда ежесекундно отнимается уже не 10 *м/сек*, а меньше.) Сухие цифры, — но они должны нам многое пояснить.

---

* Точнее — 9,8 *м/сек*; округляем это число ради простоты.



6. Если бы тяжесть на Земле была такая же, как на росе...

В старину, говорят, к ноге каторжан приковывали цепь с тяжелой гирей, чтобы отяжелить их шаг и сделать неспособными к побегу. Все мы, жители Земли, незримо отягчены подобной же гирей, мешающей нам вырваться из земного плена в окружающий простор вселенной. При малейшем усилии подняться ввысь невидимая гиря дает себя чувствовать и влечет нас вниз с возрастающей стремительностью. Быстрота нарастания скорости падения — по 10 м в секунду за секунду — служит мерою отягчающего действия невидимой гири, которая держит нас в земном плену.

Все мечтающие о полетах по беспредельному океану Вселенной должны сожалеть о том, что человеческому роду приходится жить как раз на той планете, которую мы именуем «Землей». Среди небесных сестер земного шара не

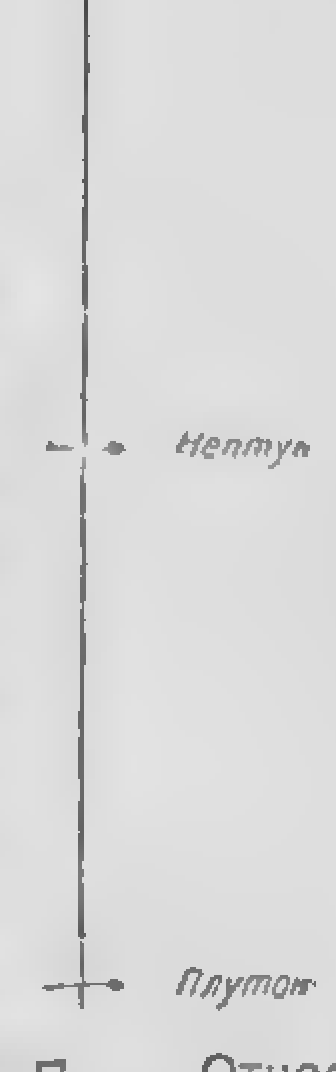
все обладают столь значительным напряжением тяжести, как наша планета. Вы убедитесь в этом, если взглянете на прилагаемую табличку, где напряжение тяжести на различных планетах дано по сравнению с напряжением земной тяжести.

Напряжение тяжести.

(На Земле = 1)	
На Юпитере	2,6
На Сатурне	1,1
На Уране и Нептуне	около 1
На Венере	0,9
На Марсе	0,4
На Меркурии	0,26
На Плутоне	0,2
На Луне	0,17
На астероиде Церере	0,04
На астероиде Эросе	0,001

Будь условия тяжести у нас такие, как на Меркурии или на Луне, а тем более на Церере или Эросе, не пришлось бы, пожалуй, писать теперь этой книги, потому что люди давно путешествовали бы уже по мировому пространству. На мелких астероидах достаточно было бы просто оттолкнуться от планеты, чтобы навеки унестись в простор Вселенной...

Итак, межпланетные перелеты, помимо изыскания способов управления в пустоте, требуют разрешения вопроса о том, какими способами возможно бороться с силою земного притяжения.



7. Относительные расстояния планет от Солнца.

Мысль наша способна вообразить лишь троякого рода борьбу с земною тяжестью:

1) можно искать средств укрыться или заслониться от силы притяжения, сделаться для нее неуязвимым;

2) можно пытаться ослабить напряжение земной тяжести; и, наконец —

3) оставляя силу земной тяжести без изменения, изыскивать средства ее преодолеть.

Каждый из трех путей, в случае успеха, сулит возможность освободиться от плена тяжести и пуститься в свободное плавание по Вселенной.

В этой последовательности мы и рассмотрим далее наиболее любопытные, заманчивые или поучительные проекты осуществления космических перелетов, прежде чем перейдем к изложению современного состояния вопроса.

3.

МОЖНО ЛИ УКРЫТЬСЯ ОТ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ?

С детства привыкли мы к тому, что все вещи прикованы своим весом к Земле; нам трудно поэтому даже мысленно отрешиться от тяжести и представить себе картину того, что было бы, если бы мы умели эту силу уничтожать по своему желанию. Такую фантастическую картину нарисовал в одной из своих статей американский ученый Г. Сервис:

«Если бы в самый разгар военной кампании мы могли посылать волны, которые нейтрализовали бы силу тяжести, то всюду, куда бы они ни попадали, немедленно наступал бы хаос. Гигантские пушки взлетали бы на воздух как мыльные пузыри. Марширующие солдаты, внезапно почувствовав себя легче перышка, беспомощно витали бы



8.

в воздухе, всецело во власти неприятеля, находящегося вне сферы действия этих волн. Картина забавная и, как может показаться, невероятная, — а между тем так было бы в действительности, если бы людям удалось подчинить своей власти силу тяжести».

Всё это, конечно, фантазия. Не приходится и думать о том, чтобы распоряжаться силою тяготения по своему желанию. Мы не в состоянии даже сколько-нибудь отклонить эту силу от пути, по которому она действует, не можем ни одного тела защитить от ее действия. Тяготение — единственная сила природы, для которой не существует преград. Какое бы огромное, какое бы плотное тело ни стояло на ее пути, — сила эта проникает сквозь него как через пустое место. Тел, для тяготения непроницаемых, — сколько нам известно, — в природе нет

Но если бы человеческому гению посчастливилось в будущем отыскать или приготовить такое непроницаемое для тяготения вещество, смогли ли бы мы с его помощью укрыться от силы притяжения, сбросить цепи тяжести и свободно ринуться в мировое пространство?

Английский писатель Герберт Уэллс подробно развил мысль о заслоне от тяготения в фантастическом романе «Первые люди на Луне»*. Ученый герой романа, изобретатель Кевор, открыл способ изготовления именно такого вещества, непроницаемого для тяготения. Об этом фантастическом веществе, названном в романе «кеворитом», автор рассуждает так:

«Почти каждое тело отличается непрозрачностью для какого-нибудь рода лучистой энергии и прозрачно для других ее видов. Стекло, например, пропускает видимый свет, но для невидимых лучей, производящих нагревание, оно гораздо менее прозрачно; квасцы, прозрачные для видимых лучей света, полностью задерживают лучи невидимые, нагревающие. Напротив, раствор иода в жидкости, называемой сероуглеродом, непрозрачен для видимых лучей света, но свободно пропускает невидимые, греющие лучи: через сосуд с такой жидкостью не видно пламени, но хорошо ощущается его теплота. Металлы непрозрачны не только для лучей света, видимого и невидимого, но и для электрических колебаний, которые однако свободно проходят сквозь стекло или через упомянутый раствор, как сквозь пустое пространство, и т. д.

«Далее. Мы знаем, что для всемирного тяготения, т. е. для силы тяжести, проницаемы все тела. Вы можете поставить преграды, чтобы отрезать лучам света доступ к предметам; помощью металлических листов можете огра-

---

* Подлинник появился в 1901 г. Имеется несколько русских переводов.

дить предмет от доступа радиоволн, — но никакими преградами не можете вы защитить предмет от действия тяготения Солнца или от силы земной тяжести. Почему собственно в природе нет подобных преград для тяготения — трудно сказать. Однако Кевор не видел причин, почему бы и не существовать такому веществу, непроницаемому для тяготения; он считал себя способным искусственно создать такое непроницаемое для тяготения вещество.

«Всякий, обладающий хоть искрой воображения, легко представит себе, какие необычайные возможности открывает перед нами подобное вещество. Если, например, нужно поднять груз, то, как бы огромен он ни был, достаточно будет разостлать под ним лист из этого вещества — и груз можно будет поднять хоть соломинкой».

Располагая столь замечательным веществом, герои романа сооружают небесный дирижабль, в котором и совершают смелый перелет на Луну. Устройство снаряда весьма несложно: в нем нет никакого двигательного механизма, так как он перемещается действием внешних сил. Вот описание этого фантастического аппарата:

«Вообразите себе шарообразный снаряд, достаточно просторный, чтобы вместить двух человек с их багажом. Снаряд будет иметь две оболочки — внутреннюю и наружную; внутренняя — из толстого стекла, наружная — стальная. Можно взять с собою запас сгущенного воздуха, концентрированной пищи, аппараты для дестилляции воды и т. п. Стальной шар будет снаружи весь покрыт слоем кеворита. Внутренняя стеклянная оболочка будет сплошная, кроме люка; стальная же будет состоять из отдельных частей, и каждая такая часть может сворачиваться как штора. Когда все шторы наглухо спущены, внутрь шара не может проникнуть ни свет, никакой вообще вид лучистой энергии, ни сила всемирного тяготения. Но вообразите, что одна из штор поднята; тогда любое массивное тело, которое слу-

чайно находится вдали против этого окна, притянет нас к себе. Практически мы можем путешествовать в мировом постранстве в том направлении, в каком пожелаем, притягиваемые то одним, то другим небесным телом».

Интересно описан в романе момент отправления аппарата в путь. Слой «кеворита», покрывающий аппарат, делает его совершенно невесомым. Невесомое тело не может спокойно лежать на дне воздушного океана; с ним должно произойти то же, что происходит с пробкой, погруженной на дно озера: она всплывает на поверхность воды. Точно так же невесомый аппарат должен стремительно подняться ввысь и, миновав крайние границы атмосферы, умчаться по инерции в мировое пространство. Герои романа Уэллса так и полетели. А очутившись далеко за пределами атмосферы, они, открывая одни заслонки, закрывая другие, подвергая свой снаряд притяжению то Солнца, то Земли, то Луны, добрались наконец до поверхности нашего спутника. Впоследствии таким же путем аппарат благополучно возвратился на Землю.

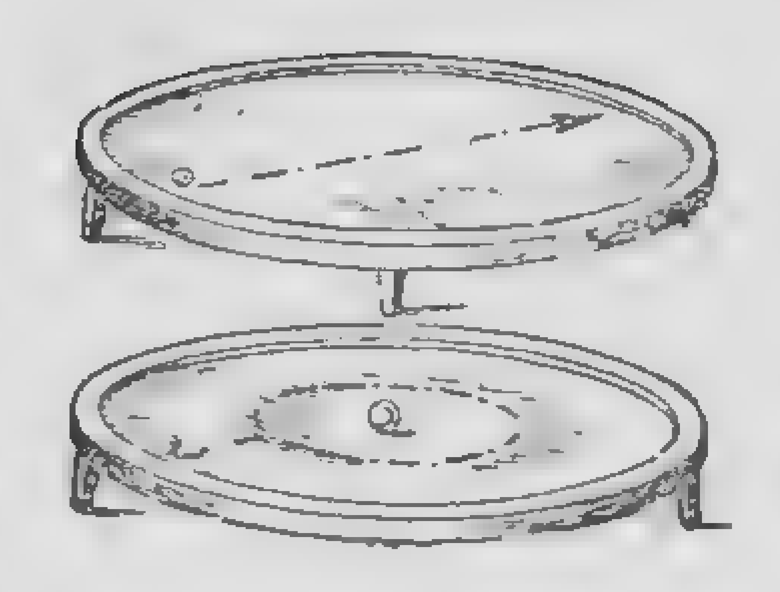
Описанный проект космических перелетов кажется на первый взгляд настолько правдоподобным, что естественно возникает мысль: не в этом ли направлении следует искать разрешения задачи звездоплавания? Нельзя ли, в самом деле, найти или изобрести вещество, непроницаемое для тяготения, и, пользуясь им, устроить межпланетный корабль?

Достаточно однако глубже вдуматься в эту идею, чтобы убедиться в полной ее несостоятельности.

Не говорю уже о том, как мало у нас надежды отыскать вещество, заслоняющее от тяготения. Ведь последние элементарные частицы, электроны и протоны, из которых построены все виды материи, обладают весомостью и проницаемы для тяготения. Немыслимо представить себе, чтобы

какое-нибудь их сочетание могло обладать иными свойствами в этом отношении.

Современное представление о сущности тяготения (учение А. Эйнштейна) рассматривает его вовсе не как силу природы, а как своеобразное воздействие материи на форму окружающего пространства: пространство в соседстве с материей приобретает кривизну. Уяснить себе это крайне необычное воззрение можно отчасти помощью следующей аналогии. У вас имеется натянутая на обруче ткань; вы пускаете по ткани (мимо центра) легкий шарик — он покатится по прямой линии. Но вообразите, что вблизи пути легкого шарика положен на ткань крупный свинцовый шар. Он вдавит под собою ткань в виде чашки; легкий шарик, пущенный в прежнем направлении, не пронесется мимо этой чашки по прямой линии, а будет втянут вдавленностью и закружится по ее склонам вокруг свинцового шара, как планета около Солнца. Планеты — такова сущность учения Эйнштейна — обращаются вокруг Солнца не потому, что отклоняются от прямолинейного пути притягательной силой центрального светила, а потому, что пространство, окружающее Солнце, искривлено.



9. Аналогия тяготения по воззрениям Эйнштейна.

Читатель не должен забывать, что картина эта — всего лишь грубая аналогия, пытающаяся придать наглядность крайне отвлеченным представлениям. Как бы то ни было, современный взгляд на природу тяготения исключает возможность существования экрана, непроницаемого для действия этого фактора. Но пусть даже фантастический «кеворит» найден, пусть сооружен аппарат по идее английского романиста. Пригоден ли будет такой аппарат для

межпланетных путешествий, как описано в романе? Посмотрим.

В уме читателя, вероятно, уже мелькнуло сомнение, когда романист говорил нам о возможности поднять тяжелый груз «хоть соломинкой», поместив под ним непроницаемый для тяготения экран. Ведь это значит ни более, ни менее, как разрешить проблему вечного двигателя, создать энергию ни из чего! Вообразите, в самом деле, что мы обладаем заслоном от тяготения. Подкладываем лист «кеворита» под любой груз, поднимаем, без всякой затраты энергии, наш теперь уже невесомый груз на любую высоту и снова убираем экран. Груз, конечно, падает вниз и может произвести при падении некоторую работу. Повторяем эту простую операцию дважды, трижды, тысячу, миллион раз, сколько пожелаем — и получаем произвольно большое количество энергии, ниоткуда ее не заимствуя.

Выходит, что непроницаемый для тяготения экран дает нам чудесную возможность творить энергию ни из чего, так как ее появление, повидимому, не сопровождается одновременным исчезновением равного количества энергии в другом месте или в иной форме. Если бы герой романа действительно побывал на Луне и возвратился на Землю тем способом, какой там описан, то в результате подобного путешествия мир обогатился бы энергией. Общее количество ее во Вселенной увеличилось бы на столько, сколько составляет разность работ, совершаемых силою тяготения при падении человеческого тела с Луны на Землю и с Земли на Луну. Земля притягивает сильнее, чем Луна, и следовательно первая работа больше второй. Пусть эта прибавка энергии ничтожна по сравнению с запасом ее во Вселенной, всё же такое сотворение энергии несомненно противоречит закону сохранения энергии.

Если мы пришли к явному противоречию с законами природы, то, очевидно, в рассуждение вкралась незамечен-

ная нами ошибка. Нетрудно понять, где именно надо ее искать. Идея заслона, непроницаемого для тяготения, сама по себе не заключает *логической* нелепости; но ошибочно думать, будто помощью его можно сделать тело невесомым *без затраты энергии*. Нельзя перенести тело за экран тяготения, не производя при этом никакой работы. Невозможно задвинуть шторы «кеворитного» шара, не применяя силы. Обе операции должны сопровождаться затратой количества энергии, равного тому, которое потом является словно созданным из ничего. В этом и состоит разрешение противоречия, к которому мы пришли.

Задвигая заслонки межпланетного аппарата, герои Уэллса тем самым словно рассекали невидимую цепь притяжения, которая приковывала их к Земле. Мы знаем в точности крепость этой цепи и можем вычислить величину работы, необходимой для ее разрыва. Это та работа, которую мы совершили бы, если бы перенесли весомое тело с земной поверхности в бесконечно удаленную точку пространства, где сила земного притяжения равна нулю.

Есть люди, привыкшие относиться к слову «бесконечность» с мистическим благоговением, и упоминание этого слова нередко порождает в уме не-математика весьма превратные представления. Когда я сказал о работе, производимой телом на *бесконечном* пути, иные читатели, вероятно, уже решили про себя, что эта работа бесконечно велика. На самом деле она, хотя и очень велика, но имеет конечную величину, которую математик может в точности вычислить. Работу перенесения весомого тела с земной поверхности в бесконечность мы можем рассматривать как сумму бесконечного ряда слагаемых, которые быстро уменьшаются, потому что с удалением от Земли сила притяжения заметно ослабевает. Сумма подобных слагаемых, хотя бы их было бесчисленное множество, нередко дает результат конечный. Сделайте шаг, потом еще полшага,

затем еще $1/4$ шага, еще $1/8$, $1/16$, $1/32$ и т. д. Вы можете подвигаться так целую вечность — и всё же не сделаете больше двух полных шагов. При учете работы тяготения мы имеем нечто вроде подобного суммирования, и читатель не должен удивляться, что работа эта даже на бесконечном пути имеет значение конечное. Можно вычислить, что для груза в 1 *кг* работа его перенесения с земной поверхности в бесконечность составляет немного более 6 миллионов килограммометров. Так как эта техническая оценка работы не для всех понятна, то поясню, что она равна величине работы, которую произвел бы например подъемный кран, подняв паровоз с тендером (75 *т*) на высоту 80 *м*. Современные океанские пароходы-исполины, с турбинами мощностью в 100 000 лошадиных сил, совершают ту же работу менее чем в одну секунду.

Далее. В смысле затраты работы совершенно безразлично, перенесете ли вы груз с Земли в бесконечно удаленную точку, или же в весьма близкое место, но такое, где он вовсе не притягивается Землей. В обоих случаях вы совершили бы одинаковую работу: величина ее зависит не от длины пройденного пути, а только от разности силы притяжения в крайних точках пути. При переносе тела в бесконечность работа производится на протяжении бесконечно длинного пути; при переносе за экран тяготения та же самая работа затрачивается в те несколько мгновений, пока совершается перенос. Надо ли говорить, что вторую работу практически было бы еще труднее произвести, чем первую?

Теперь становится очевидной безнадежность фантастического проекта Уэллса. Романист не подозревал, что перенесение тела за экран, непроницаемый для тяготения, представляет неимоверно трудную механическую задачу *.

* На этот давно обнаруженный мною недосмотр в рассуждениях Уэллса я имел возможность обратить внимание писателя лишь в 1934 г., при его посещении СССР.

Задвинуть заслонки «кеворитного» снаряда не так просто, как захлопнуть дверцу автомобиля: в промежуток времени, пока закрываются заслоны и пассажиры уединяются от весомого мира, должна быть выполнена работа, равная работе перенесения пассажиров в бесконечность. А так как два человека весят свыше 100 кг, то, значит, задвигая заслонки снаряда, герои романа должны были в одну секунду совершить работу, немало-немного, в 600 миллионов килограммометров. Это столь же легко выполнить, как втащить сорок паровозов на вершину Эйфелевой башни втечение одной секунды. Обладая такой мощностью, мы и без «кеворита» могли бы буквально прыгнуть с Земли на Луну...

Итак, идея странствовать во Вселенной под защитою вещества, непроницаемого для тяготения, приводит к тому, что в логике называется «порочным кругом». Чтобы воспользоваться таким веществом, надо преодолеть притяжение Земли, т. е. выполнять именно то, ради чего и должен быть придуман заслон тяготения. Следовательно, заслон для тяготения не разрешил бы проблемы небесных путешествий.

4.

МОЖНО ЛИ ОСЛАБИТЬ ЗЕМНУЮ ТЯЖЕСТЬ?

Если несбыточны надежды укрыться от силы тяжести, то, быть может, существуют способы хотя бы ослабить тяжесть на земной поверхности?

Казалось бы, закон тяготения не допускает подобной возможности даже в теории: сила притяжения зависит ведь от массы земного шара, уменьшить которую мы не в состоянии. Однако это не так. Речь идет о напряжении тяжести на поверхности нашей планеты, а именно, как



10.

известно, зависит не от одной лишь массы, но и от расстояния до центра земного шара, т. е. от величины земного радиуса. Если бы мы могли разрыхлить земной шар настолько, чтобы, увеличившись в объеме, он приобрел радиус, например, вдвое больше, чем теперь, то напряжение тяжести на поверхности такого шара стало бы вчетверо меньше. В самом деле: находясь на поверхности Земли, мы были бы вдвое дальше от притягивающего центра (шарообразные тела притягиваются так, словно вся их масса сосредоточена в центре). Выгода от подобного переустройства обитаемой нами планеты получилась бы еще и та, что поверхность земного шара увеличилась бы в четыре раза. Людям жилось бы на Земле буквально вчетверо «свободнее» и вчетверо «легче»...

Разумеется, современная и даже будущая техника не в состоянии осуществить ничего подобного.

Механика указывает и другой путь к ослаблению земной тяжести. Он состоит в том, чтобы ускорить быстроту вращения Земли вокруг оси. Уже и теперь центробежный эффект вращения земного шара уменьшает вес каждого тела на экваторе на $\frac{1}{290}$ долю. В соединении с другой причиной (вздутием земного шара у экватора) вращение Земли действует так, что все тела на экваторе весят на ½% меньше, чем близ полюсов. Паровоз, весящий в Москве 60 *т*, становится по прибытии в Архангельск на 60 *кг* тяжелее, а в Одессу — на столько же легче. Партия угля в 5000 *т*, доставленная со Шпицбергена в экваториальный порт, уменьшилась бы в весе на 20 *т*, если бы приемщику пришла фантазия принять груз, пользуясь пружинными весами, выверенными на Шпицбергене. Линкор, весящий в Архангельске 20 000 *т*, становится по прибытии в экваториальные воды легче на 80 *т*; но это, конечно, неощутительно, так как соответственно легче делаются и все другие тела, не исключая и воды в океане. Разницу веса похищает главным образом центробежный эффект: на экваторе он несколько больше, чем в удаленных от него широтах, где точки земной поверхности при вращении Земли описывают гораздо меньшие круги.

Нетрудно доказать, что если бы Земля вращалась в 17 раз быстрее, чем теперь, то центробежный эффект на экваторе увеличился бы в 17×17, т. е. почти в 290 раз. Вспомнив, что теперь центробежный эффект похищает у тел как раз $\frac{1}{290}$ долю их веса, вы поймете, что на экваторе столь быстро вращающейся Земли тела совсем не имели бы веса. Стоило бы тогда лишь достичь экватора, чтобы слегка оттолкнувшись там, ринуться в мировое пространство. Задача звездоплавания разрешалась бы крайне просто. А если бы Земля вращалась еще быстрее,

мы сделались бы небесными странниками поневоле, так как инерция при вращении сама отбросила бы нас в бездонную глубь неба. Людям приходилось бы задумываться уже над проблемой «земных», а не межпланетных странствований. . .

Но мы чересчур далеко забрели в область фантазии. Всё сказанное лежит, конечно, за гранью достижимого. Если бы в наших силах и была возможность ускорить вращение земного шара, то, вертясь достаточно быстро, Земля расплющилась бы (в плоскости своего экватора), а быть-может даже еще ранее разлетелась бы на части, как чересчур быстро заверченный жернов. Возможность путешествовать в межзвездных пространствах приобретена была бы слишком дорогой ценой. . .

5.

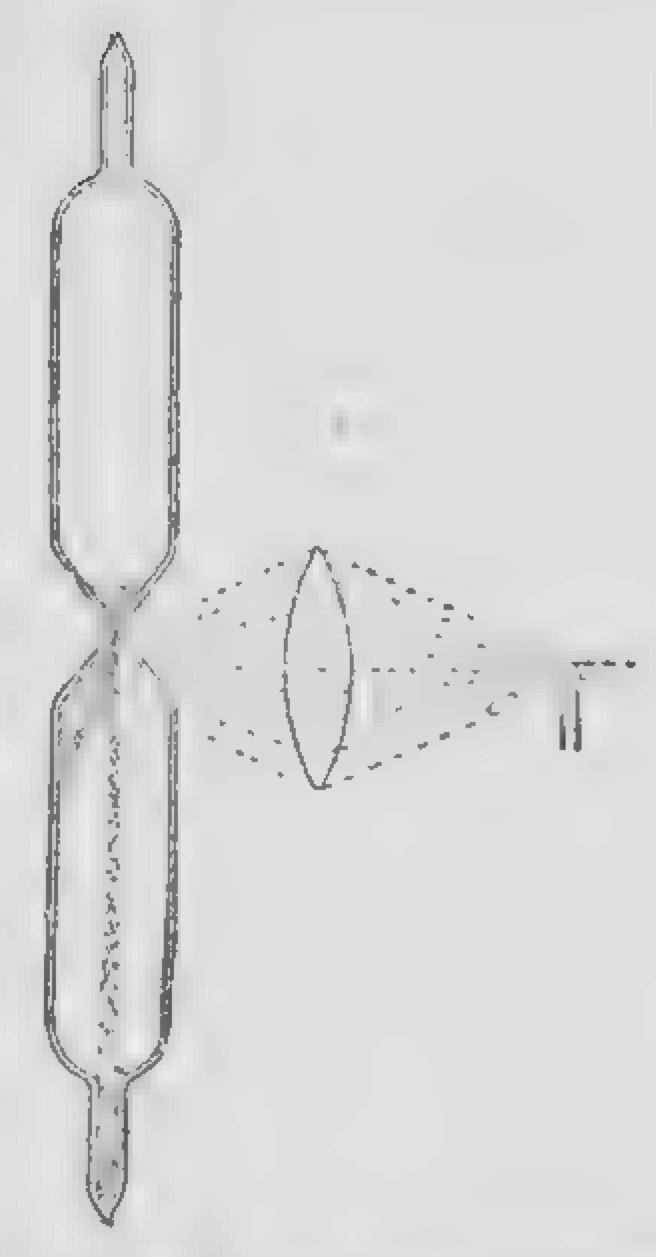
ВОПРЕКИ ТЯЖЕСТИ—НА ВОЛНАХ СВЕТА.

Из трех мыслимых способов борьбы с тяготением мы рассмотрели и отвергли два: способ защиты от тяготения и способ ослабления земной тяжести. Ни тот, ни другой не дают надежды успешно разрешить заманчивую проблему межпланетных перелетов. Бесплодны всякие попытки укрыться от силы тяготения; безнадежно стремление ослабить напряжение тяжести. Остается одно: вступить с тяготением в борьбу, искать средство *преодолеть* его и покинуть нашу планету *вопреки* притяжению.

Проектов подобного рода существует несколько. Они, без сомнения, интереснее всех других, так как их авторы не измышляют фантастических веществ вроде «экрана тяготения», не предлагают переделать земной шар или изменить скорость его вращения.

Один из проектов рассматриваемой категории предлагает воспользоваться для межпланетных перелетов *давле-*

нием световых лучей. Лицам, мало знакомым с физикой, должно казаться невероятным, что нежные лучи света оказывают давление на озаряемые ими предметы. Между тем одной из величайших заслуг нашего гениального физика П. Н. Лебедева было то, что он на опыте обнаружил и измерил отталкивающую силу лучей света.



11. Опыт Ничольса и Гулла, обнаруживающий давление световых лучей.

Всякое светящееся тело, будь то свеча на вашем столе, электрическая лампа, раскаленное Солнце или даже темное тело, испускающее невидимые лучи, давит своими лучами на озаряемые тела. П. Н. Лебедеву удалось измерить силу давления, оказываемого солнечными лучами на освещаемые ими земные предметы: в мерах веса она составляет около ½ *мг* для площади в квадратный метр. Если умножить полмиллиграмма на площадь большого круга земного шара, мы получим для давления солнечных лучей на Землю весьма внушительный итог: около 60 000 *т*.

Такова величина силы, с которой Солнце давлением своих лучей постоянно отталкивает нашу планету. Сама по себе взятая, сила эта велика. Но если сравнить ее с величиною солнечного притяжения, то окажется, что отталкивание в 60 000 *т* не может иметь заметного влияния на движение земного шара: сила эта в 60 биллионов раз слабее солнечного притяжения. Далекий Сириус, от которого свет странствует к нам 8 лет, притягивает Землю

с гораздо большей силою — 10 миллионов тонн, а планета наша слозно не чувствует этого. Не забудем, что 60 000 *т* — это вес только одного большого океанского парохода. (Вычислено, что под давлением солнечных лучей земной шар должен удаляться от Солнца на $2\frac{1}{2}$ *мм* в год.)

Однако, чем тело меньше, тем бо́льшую долю силы притяжения составляет световое давление. Вы поймете, почему это, если вспомните, что притяжение пропорционально массе тела, световое же давление пропорционально его поверхности. Уменьшите мысленно земной шар так, чтобы поперечник его стал вдвое меньше. Объем, а с ним и масса Земли уменьшается в $2 \times 2 \times 2 = 8$ раз, поверхность же уменьшится лишь в $2 \times 2 = 4$ раза; значит, притяжение ослабнет в 8 раз, пропорционально уменьшению массы; световое же давление уменьшится соответственно поверхности, т. е. всего лишь в 4 раза. Вы видите, что притяжение ослабело заметнее, чем световое давление. Уменьшите Землю еще вдвое — получится снова выгода в пользу светового давления.

Если будете продолжать и далее это неравное состязание кубов с квадратами, то неизбежно дойдете до таких мелких частиц, для которых световое давление, наконец, сравняется с притяжением. Подобная частица не будет уже приближаться к Солнцу — притяжение уничтожится равным отталкиванием. Вычислено, что для шарика плотности воды это должно иметь место в том случае, если поперечник его немного менее тысячной доли миллиметра.

Ясно, что если подобный шарик будет еще меньше, то световое отталкивание превзойдет силу притяжения, и крупинка будет уже стремиться не к Солнцу, а от Солнца. Чем крупинка меньше, тем сильнее должна она отталкиваться от Солнца. Перевес светового давления над тяготением, конечно, выражается ничтожной величиной, но ведь и ничтожность — относительна. Масса пылинки, которую эта

сила движет, также чрезвычайно мала; и мы не должны удивляться тому, что маленькая сила сообщает весьма маленькой массе огромную скорость — в десятки, сотни и тысячи километров в секунду...*.

Как читатель узнает позже, достаточно сообщить телу секундную скорость около 11 *км*, чтобы отослать его с земной поверхности в мировое пространство, а при начальной скорости в 17 *км* в сек. тело сможет свободно странствовать по планетной системе. Значит, если ничтожная земная пылинка очутится почему-либо за пределами атмосферы, она будет подхвачена там световым давлением и увлечется им в мировое пространство, навсегда покинув породившую ее Землю. Она будет мчаться с возрастающей скоростью всё далее и далее к окраинам нашей планетной системы, пересекая орбиты Марса, астероидов, Юпитера и через каких-нибудь полторы декады будет уже у крайней границы нашей солнечной системы.

Два американских ученых, Никольс и Гулл, изучавшие световое давление одновременно с П. Н. Лебедевым, произвели следующий чрезвычайно поучительный опыт. В абсолютно пустую стеклянную трубку, имеющую перехват как в песочных часах (рис. 11), они насыпали смесь прокаленных грибных спор и наждачного порошка. Прокаленные и следовательно превращенные в уголь споры необычайно малы и легки; они имеют не более 0,002 *мм* в поперечнике и в десять раз легче воды. Поэтому, если направить на них сильный свет, сосредоточенный помощью зажигательного стекла**, то можно ожидать, что пылинки будут от-

* «Однако закон обратной пропорциональности радиусу не имеет больше силы, когда радиус становится слишком малым в сравнении с длиной волны отталкивающих световых лучей: при некотором радиусе, близком к 0,0001 *мм*, отношение давления к притяжению начинает быстро уменьшаться» (Пойнтинг).

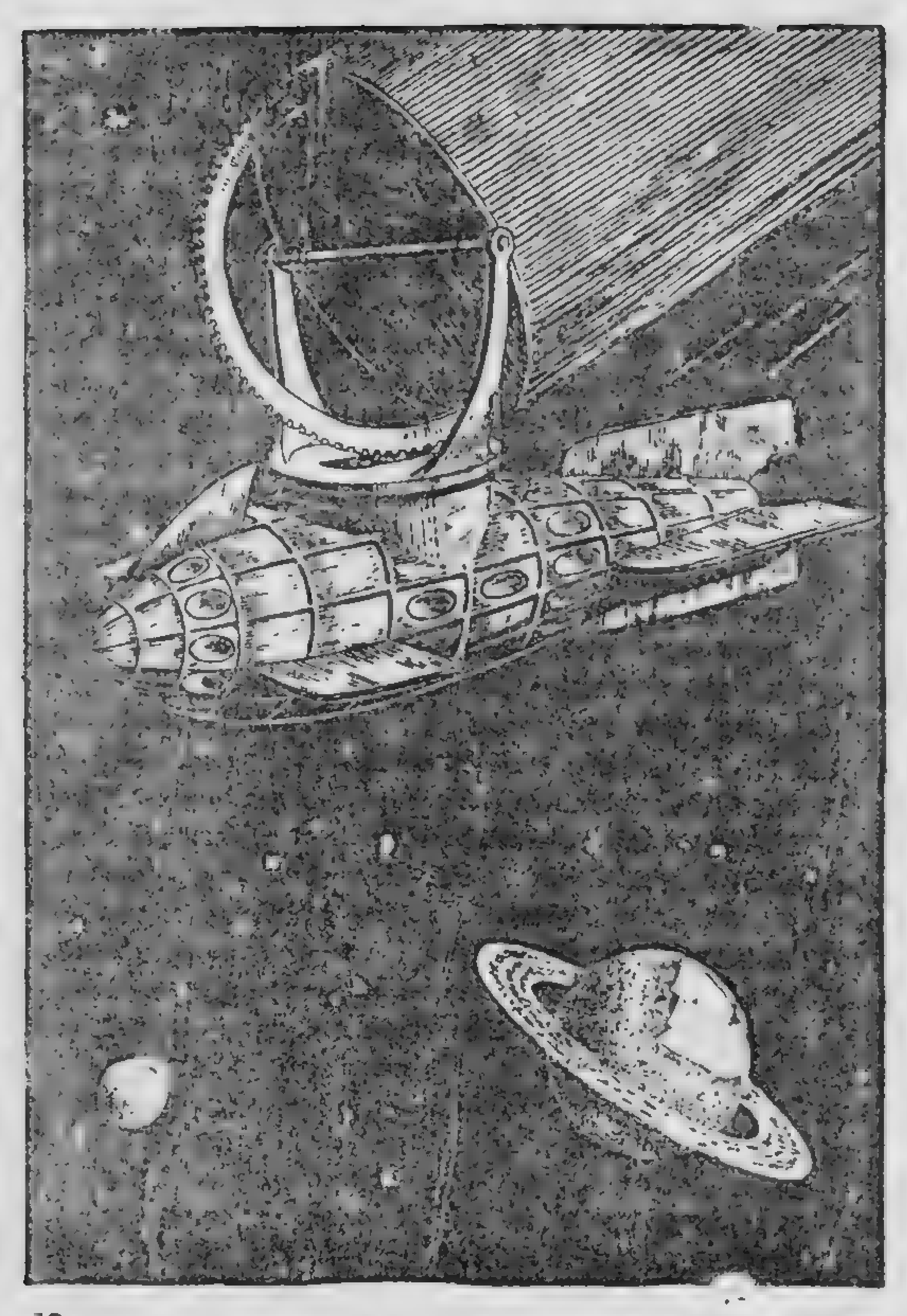
** Сосредоточенный пучок лучей естественно должен оказывать более сильное давление, нежели обыкновенный.

талкиваться световыми лучами. Так и происходило в опыте: когда смесь пересыпалась сквозь шейку перехвата, то направленный сюда свет (вольтовой дуги) отталкивал угольные пылинки, между тем как более тяжелые частицы наждачного порошка падали отвесно.

Загадочная особенность кометных хвостов, словно отталкиваемых Солнцем, по всей вероятности, объясняется именно лучевым давлением. Об этом догадывался гениальный Кеплер, законодатель планетной системы, писавший три века назад следующие строки в своем трактате о кометах: «По натуре всех вещей полагаю, что когда материя в пространстве Вселенной извержена бывает и сия пропускающая свет голова кометы прямыми лучами Солнца ударяется и пронизывается, то из внутренней материи кометы нечто им следует и тою же дорогою исходит, которой солнечные лучи пробивают и тело кометы освещают... Указание на причину, что из материи кометного тела нечто непрерывно изгоняется солнечными лучами силою оных, подал мне хвост кометы, о коем известно, что он всегда удаляется в сторону, противоположную Солнцу, и лучами Солнца формируется... Итак, нимало не сомневайся, читатель, что хвосты комет образуются Солнцем из материи, из головы изгнанной».

Не может ли и человек воспользоваться тою же силою для межпланетных путешествий? Для этого не надо было бы непременно уменьшаться до микроскопических размеров; достаточно устроить аппарат с таким же выгодным отношением поверхности и массы, как у мельчайших пылинок, отталкиваемых лучами Солнца. Другими словами: поверхность аппарата должна быть во столько же раз больше поверхности пылинки, во сколько раз вес снаряда больше веса этой пылинки.

Автор одного астрономического романа перенес своих героев на другие планеты именно в подобном аппарате. Его



12. Фантастическое путешествие давлением световых лучей.

герои соорудили каюту из легчайшего материала, снабженную огромным, но легким зеркалом, которое можно было поворачивать на подобие паруса. Помещая зеркало под различными углами к солнечным лучам, пассажиры небесного корабля, смотря по желанию, либо ослабляли отталкивающее действие света, либо же сводили его на-нет, всецело отдаваясь притягательной силе. Они плавали взад и вперед по океану Вселенной, посещая одну планету за другой.

В романе всё выходит правдоподобно и заманчиво. Но точный расчет разрушает эту мечту, не оставляя надежды на осуществление подобного проекта. Ведь зеркало площадью в один квадратный метр должно обладать массою не менее килограмма; мы хотим, чтобы под действием светового давления оно приобрело скорость, дающую ему возможность свободно странствовать в солнечной системе, т. е. — как узнаем далее — 17 *км/сек*. Легко рассчитать, что такая скорость может накопиться под действием светового давления только в ... 130 лет!

Правда, изготовив зеркало из легчайшего металла — лития, при толщине 0,1 *мм*, мы имели бы на кв. метр его массу только в 50 *г*. Срок накопления космической скорости для такого зеркала (но не для увлекаемого им аппарата!) сокращается в 20 раз. Практически это, однако, не меняет дела: ясно, что при подобных темпах изменения скорости маневрирование космическим кораблем невозможно. К тому же, не надо упускать из виду, что световое давление должно двигать, кроме зеркала, также и весь соединенный с ним аппарат, пассажиров и груз.

Использовать световое давление можно было бы, пожалуй, лишь для перемещения так называемой внеземной станции, о которой речь будет у нас впереди (см. далее главу «Искусственная луна»).

Столь же безнадежно обстоит вопрос с проектом применить для этой цели радиоволны, посылаемые с Земли в ми-

ровое пространство. Во-первых, за внешние пределы земной атмосферы может пробиться в лучшем случае только незначительная часть посылаемых электромагнитных лучей (см. об этом статью «Межпланетная сигнализация» в Приложениях к книге). Если для движения звездолета оказывается недостаточной механическая энергия солнечного излучения, то что сказать об излучении земных радиостанций? Что же касается управления межпланетным кораблем по радио, то и об этом тоже говорить не приходится, потому что такое управление возможно было бы лишь в случае, если бы корабль имел в себе механизм для движения в безвоздушном пространстве, — а в этом ведь и вся задача.

6.

ИЗ ПУШКИ НА ЛУНУ. ТЕОРИЯ.

Небесные силы отказали нам в помощи. Остается рассчитывать лишь на могущество человеческой техники, преодолевшей уже не мало природных препятствий. Найдем ли мы в ней орудие достаточно могучее, чтобы разорвать оковы тяжести и ринуться в простор мироздания для исследования иных миров?

Надо было обладать оригинальным умом Жюля Верна, чтобы в смертоносном орудии — в пушке — усмотреть средство «вознестись живым на небо». Большинство людей не отдает себе отчета в том, что с механической точки зрения пушка — самая мощная из всех машин, созданных до сих пор человеческой изобретательностью. Пороховые газы, образующиеся в канале орудия при выстреле, оказывают на снаряд давление в 2—3 тысячи килограммов на квадратный сантиметр: это в несколько раз превышает чудовищное давление водных масс в глубочайших пучинах океана. Чтобы



13.

оценить работоспособность современной пушки в единицах мощности, т. е. в лошадиных силах, рассмотрим 40-сантиметровое орудие, выбрасывающее снаряд в 600 *кг* со скоростью 900 *м/сек.* «Живая сила» такого снаряда — полупроизведение массы на квадрат скорости — составляет около 24 000 000 *кгм.* Если принять во внимание, что столь огромный запас работы развивается втечение небольшой доли секунды — в данном случае 30-й, — то окажется, что секундная работа, выполняемая пушкой, т. е. ее м о щ н о с т ь, определяется числом 10 000 000 лош. сил. Между тем мощность машин величайшего океанского парохода * только 200 000 лош. сил; понадобилось бы полсотни двигателей подобного исполина, чтобы выполнять

* «Куин Мери» («Королева Мария»).

механическую работу, совершаемую пороховыми газами орудия втечение секунды.

Не без основания, как видим, предлагал французский романист именно с помощью пушки разрешить проблему заатмосферных полетов. В своих романах он оставил нам самый популярный проект межпланетных путешествий. Кто в юности не путешествовал с его героями на Луну внутри пушечного ядра?

Остроумная идея, разработанная романистом в двух произведениях — «От Земли до Луны» и «Вокруг Луны»*, заслуживает большего внимания, чем то, которое обычно ей уделяется. Увлекшись фабулой произведения, читатели склонны превратно оценивать его основную мысль, считая ее фантастичной там, где она реальна, и осуществимой там, где она несбыточна. Рассмотрим же поближе проект Жюля Верна как техническую идею.

Признаюсь, не без волнения приступаю я к строгому разбору пленительных повестей увлекательного романиста. За десятки лет, протекших со времени появления (1865—1870 гг.) этих произведений, увенчанных премией Академии, они успели стать любимым чтением молодежи всех стран. В годы моей юности они зажгли во мне впервые живой интерес к астрономии; не сомневаюсь, что тем же обязаны им и многие тысячи других читателей. И если я решаюсь вонзить анатомический нож в поэтическое создание романиста, то утешаю себя мыслью, что следую лишь примеру его даровитого соотечественника, известного физика Шарля Гильома**.

Вы имеете превратное представление о науке, если думаете, что она безжалостно подсекает крылья воображению и обрекает нас пресмыкаться в обыденности повседневной

* Имеется русский перевод под редакцией и с примечаниями Я. И. Перельмана.

** См. последнюю главу его «Initation à la Méchanique» (есть русский перевод под заглавием «Введение в механику»).

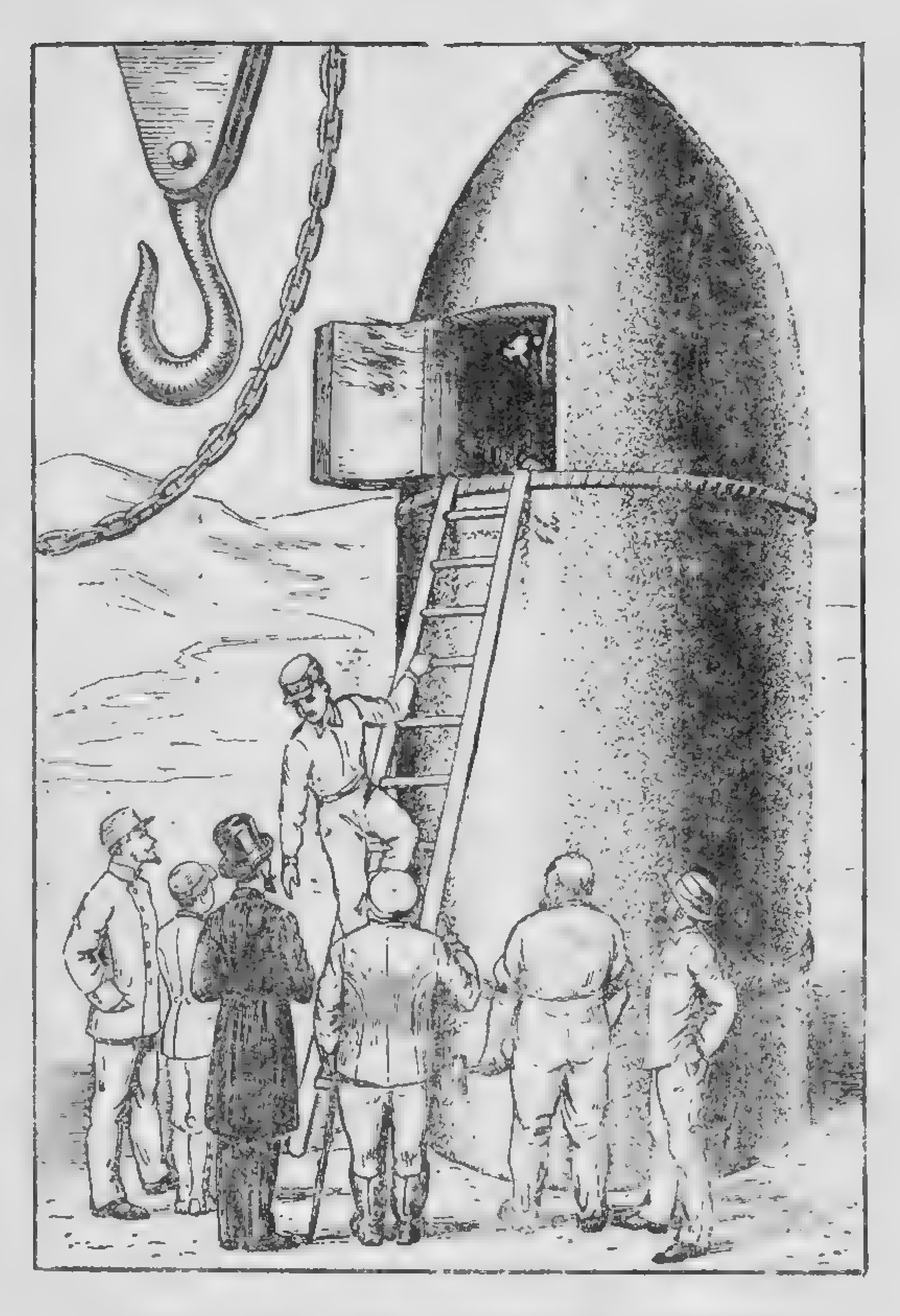
жизни. Бесплодной Сахарой было бы поле научных исследований, если бы ученые не прибегали к услугам воображения, не умели отвлекаться от мира видимого, чтобы создавать мысленные, неосязаемые образы. Ни одного шага не делает наука без воображения; она постоянно питается плодами фантазии, но фантазии научной, рисующей воображаемые образы со всею возможною отчетливостью.

Научный разбор романа Жюля Верна не есть поэтому столкновение действительности с фантазией. Нет, это соперничество двух родов воображения — научного и ненаучного. И победа остается за наукой вовсе не потому, что романист слишком много фантазировал. Напротив, он фантазировал недостаточно, не достроил до конца своих мысленных образов. Созданная им фантастическая картина межпланетного путешествия страдает недоделанностью. Нам придется восполнить эти недостающие подробности, и не наша вина, если упущенные черты существенно изменяют всю картину.

Надо ли пересказывать содержание романа, который у всех в памяти? Напомню лишь вкратце, словами самого Жюля Верна, главнейшие из интересующих нас обстоятельств.

«В 186... году весь мир был в высшей степени взволнован одним научным опытом, первым и совершенно оригинальным в летописях науки. Члены Пушечного клуба, основанного артиллеристами в Балтиморе после американской войны *, вздумали войти в сношение с Луной, — да, с Луной, — послав в нее снаряд. Их председатель, Барбикен, инициатор предприятия, посоветовавшись с астрономами Кэмбриджской (в Сев. Америке) обсерватории, принял все необходимые меры, чтобы обеспечить это необыкновенное предприятие.

* Северных и южных штатов. *Я. П.*



14. Проект Жюля Верна. „Снаряд будет представлять собою алюминиевую гранату"...

Согласно указаниям, данным членами обсерватории, пушка, из которой будет сделан выстрел, должна быть установлена в стране, расположенной между 0° и 28° северной или южной широты, чтобы можно было навести ее на Луну в зените. Снаряду должна быть дана первоначальная скорость в 16 тысяч метров в секунду. Выпущенный 1 декабря в десять часов сорок секунд вечера, он должен достичь цели через четыре дня после своего отправления, 5 декабря ровно в полночь, в тот самый момент, когда Луна будет находиться в своем перигее, т. е. в ближайшем расстоянии от Земли.

«Решено было, что 1) снаряд будет представлять собою алюминиевую гранату диаметром в 275 *см*, со стенками толщиной в 30 *см*, и будет весить 9 *т*; 2) пушка будет чугунная, длиною 275 *м*, и будет вылита прямо в земле; 3) на заряд будет взято 107 *т* пироксилина, который, развив под снарядом шесть миллиардов литров газа, легко добросит его до ночного светила.

«Когда эти вопросы были разрешены, председатель клуба, Барбикен, выбрал место, где после чудовищной работы была вполне успешно отлита эта колумбиада (пушка).

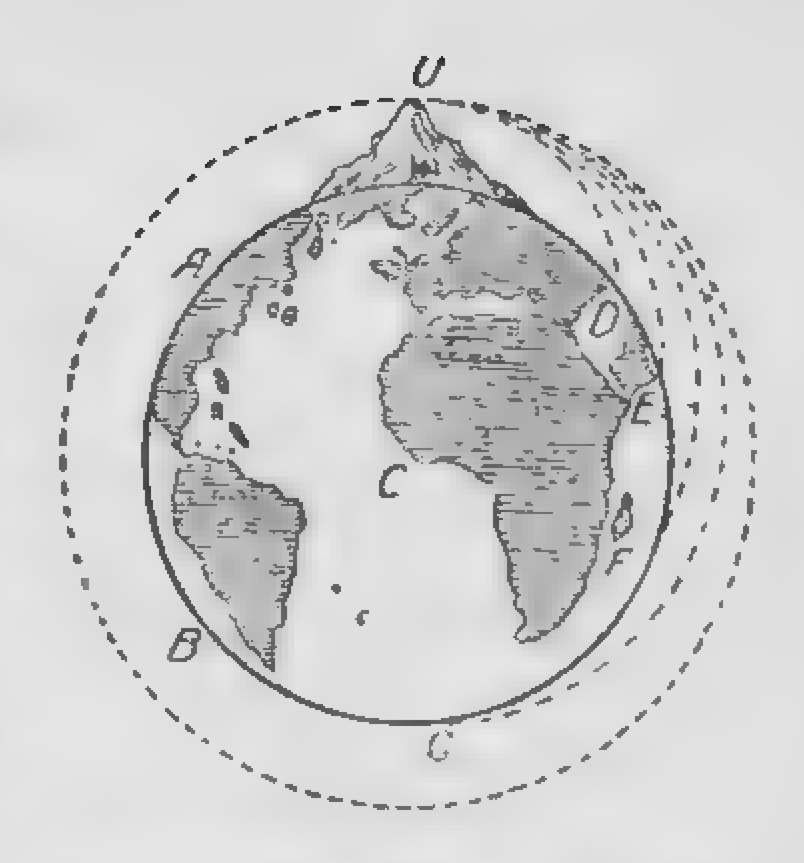
«В таком положении находились дела, когда случилось событие, во сто раз увеличившее интерес, возбужденный этим великим предприятием.

«Один француз, фантаст-парижанин, умный и отважный, попросил заключить его в снаряд, так как он хочет попасть на Луну и познакомиться с земным спутником *. Он помирил председателя Барбикена с его смертельным врагом, капитаном Николаем, и в залог примирения уговорил их отправиться вместе с ним в снаряде. Предложение было

---

* В романе он фигурирует под именем Ардана, — прозрачный псевдоним известного французского аэронавта и фотографа Надара (Феликса Турнашона), который и послужил прообразом этого персонажа. *Я. П.*

принято. Изменили форму снаряда. Теперь он стал цилиндроконическим. Этот род воздушного вагона снабдили сильными пружинами и легко разбирающимися перегородками, которые должны были ослабить силу толчка при выстреле. Захватили съестных припасов на год и воды на несколько месяцев, газа на несколько дней. Особый автоматический аппарат изготовлял и доставлял воздух, необходимый для дыхания трем путешественникам.

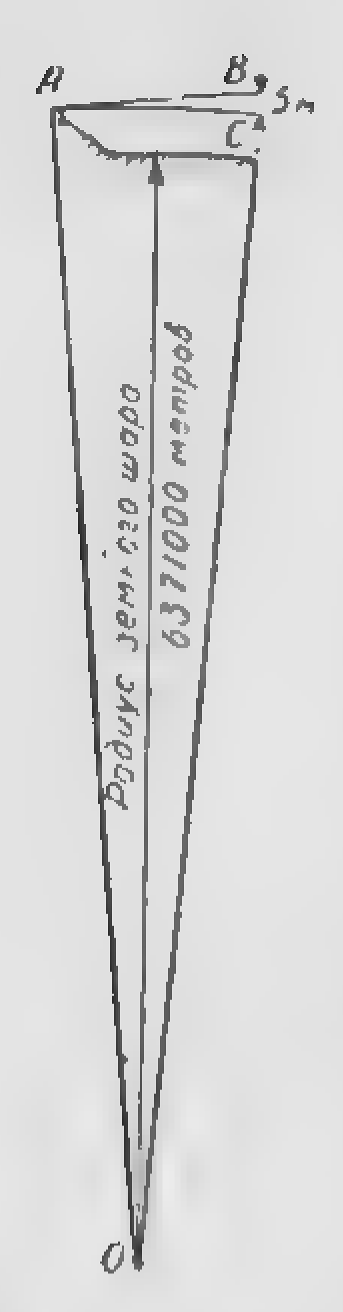


15. Воображаемый опыт Ньютона с пушечными снарядами.

«1 декабря в назначенный час, в присутствии необычайного скопления зрителей, начался полет, — и в первый раз три человеческих существа, покинув земной шар, понеслись в мировое пространство с полной уверенностью, что достигнут своей цели».

Прежде всего нам предстоит обсудить, конечно, вопрос о том, насколько реальна самая идея закинуть пушечное ядро на Луну. Мысль о возможности бросить тело с такой скоростью, которая навсегда унесла бы его с Земли, кажется многим совершенно нелепой. Большинство людей привыкло думать, что всякое брошенное тело непременно должно упасть обратно. Таким людям идея Жюля Верна о посылке ядра на Луну представляется абсурдной и беспочвенной. Мыслимо ли, в самом деле, сообщить земному телу такую скорость, чтобы оно безвозвратно покинуло нашу планету? Механика дает на этот вопрос безусловно положительный ответ.

Предоставим слово Ньютону. В своих «Математических



16. Вычисление скорости ядра, которое должно вечно кружиться около Земли.

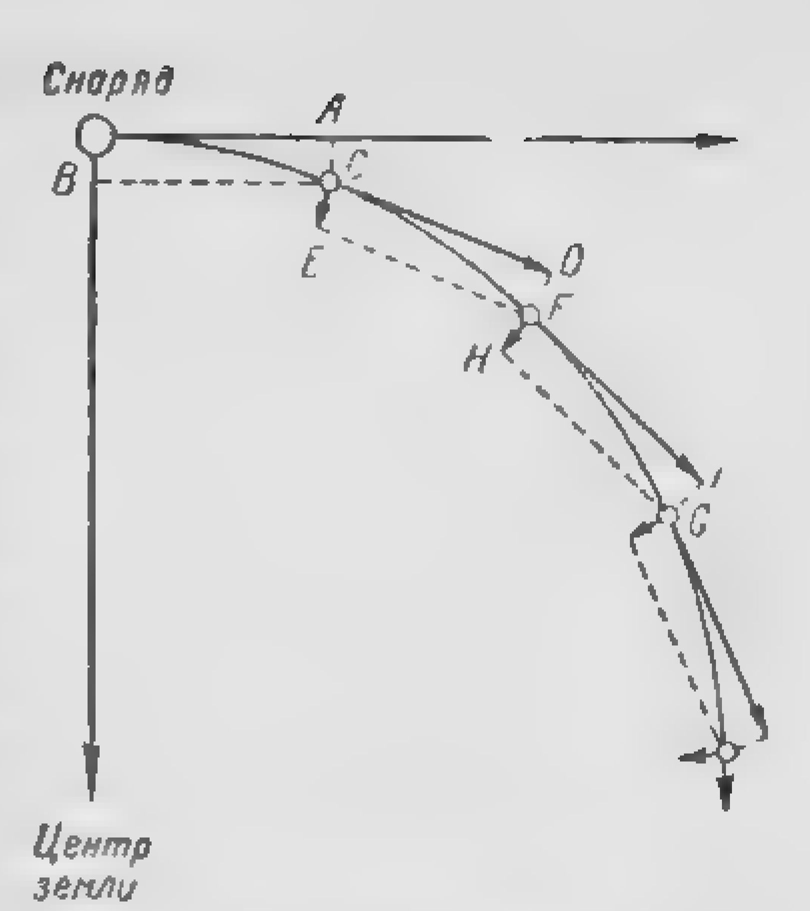
началах физики», фундаменте современной механики и астрономии, он писал (книга I, отд. I, определение V):

«Если свинцовое ядро, брошенное горизонтально силою пороха из пушки, поставленной на вершине горы, отлетает по кривой — прежде чем упасть на Землю — на две мили, то (предполагая, что сопротивления воздуха нет), если бросить его с двойной скоростью, оно отлетит приблизительно вдвое дальше; если с десятикратною, то в десять раз. Увеличивая скорость, можно по желанию увеличить и дальность полета и уменьшить кривизну линии, по которой ядро движется, так что можно бы заставить его упасть в расстоянии 10°, 30° и 90°, можно заставить его окружить всю Землю и даже уйти в небесные пространства и продолжать удаляться до бесконечности».

Итак, ядро, извергнутое воображаемой ньютоновой пушкой, при известной скорости безостановочно кружилось бы около нашей планеты, наподобие крошечной Луны (рис. 15). Мы можем вычислить, какая начальная скорость нужна для такого полета ядра. Вычисление это (если пренебречь сопротивлением атмосферы) настолько же просто, насколько любопытен его результат.

Чтобы найти искомую скорость, отдадим себе отчет в том, почему ядро, выброшенное пушкой горизонтально, падает в конце концов на Землю. Потому, что земное притяжение искривляет путь ядра — снаряд летит не по прямой линии, а по кривой, которая упирается в земную поверхность. Но если бы мы могли уменьшить кривизну

пути ядра настолько, чтобы сделать ее одинаковой с кривизной земной поверхности, то ядро никогда на Землю не упало бы: оно вечно мчалось бы по кривой, концентрической с окружностью нашей планеты. Этого можно добиться, сообщив ядру достаточную скорость, и мы сейчас определим — какую. Взгляните на рис. 16. Снаряд, выброшенный пушкой из точки A по касательной, спустя секунду был бы, скажем, в точке B, — если бы не действие земного притяжения. Тяжесть меняет дело, и под ее влиянием снаряд через секунду окажется не в B, а ниже на столько, на сколько всякое свободное тело опускается в первую секунду своего падения, т. е. на 5 *м*. Если, опустившись на эти 5 *м*, снаряд окажется над уровнем Земли ровно на столько же, на сколько и в точке A, то значит он летит параллельно земной поверхности, не приближаясь и не удаляясь от нее. Это и есть то, чего мы желаем добиться. Остается вычислить лишь длину AB, т. е. путь снаряда в одну секунду; результат и даст искомую секундную скорость ядра. Вычисление может быть выполнено по теореме Пифагора. В прямоугольном треугольнике ABO линия AO есть земной радиус, равный 6 371 000 *м*. Отрезок $OC = AO$, отрезок $BC = 5$ *м*; следовательно, $OB = 6\,371\,005$ *м*.



17. Как направлена сила тяжести, действующая на снаряд в воображаемом опыте Ньютона.

По теореме Пифагора имеем:

$$6\,371\,005^2 = 6\,371\,000^2 + AB^2.$$

Отсюда уже легко вычислить искомую величину секундной скорости:

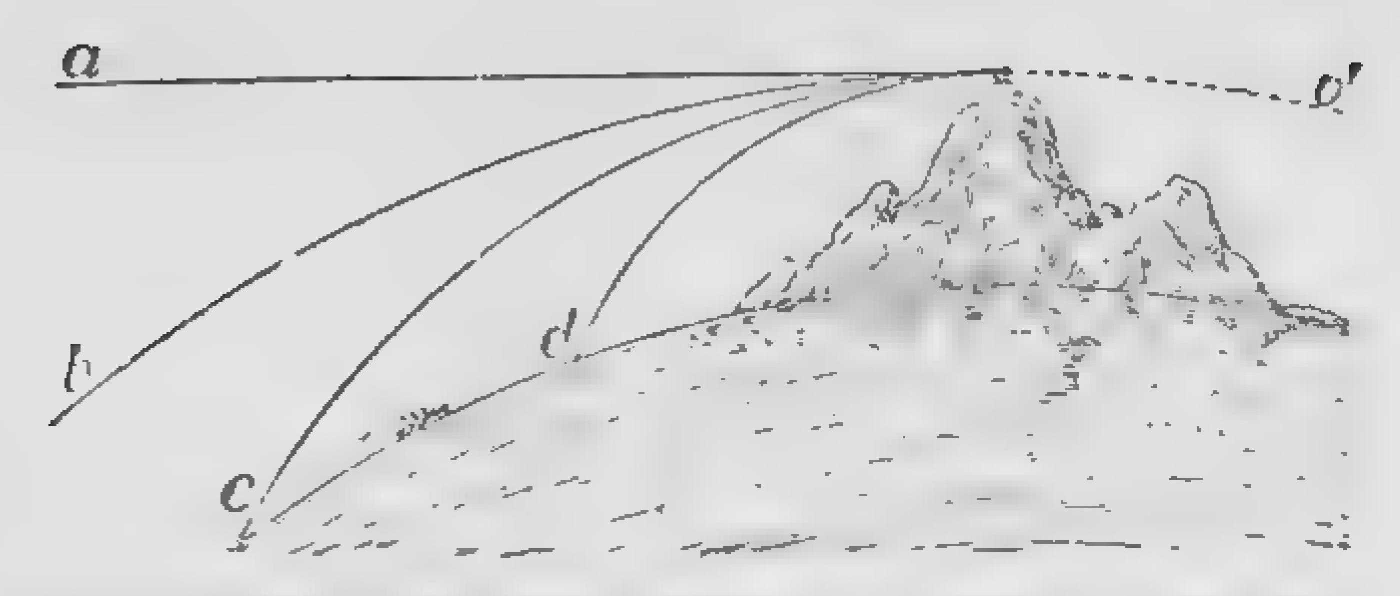
$$AB = 7900 \text{ м/сек.}$$

Итак, если бы пушка могла сообщить снаряду начальную скорость в 8 *км/сек*, то при отсутствии сопротивления атмосферы такой снаряд никогда не упал бы на Землю, а вечно вращался бы вокруг нее *. Пролетая в каждую секунду 8 *км*, он втечение 1 ч. 23 мин. успел бы описать полный круг и возвратился бы в точку исхода, чтобы начать новый круг, и т. д. Это был бы настоящий спутник земного шара, наша вторая Луна, более близкая и более быстрая, чем первая. Ее «месяц» равнялся бы всего только 1 ч. 23 мин. Она мчалась бы в 17 раз быстрее, чем любая точка земного экватора, и если вы вспомните то, что сказано было выше об ослаблении тяжести вследствие вращения Земли (см. стр 28—29), то вам станет еще яснее, почему ядро наше не падает на Землю. Мы знаем, что если бы земной шар вращался в 17 раз быстрее, то тела на экваторе целиком потеряли бы свой вес; скорость же нашего снаряда — 8 *км/сек* — как раз в 17 раз больше скорости точек земного экватора.

Человеческой гордости должно льстить сознание, что мы имеем возможность — правда, лишь теоретическую — пода-

---

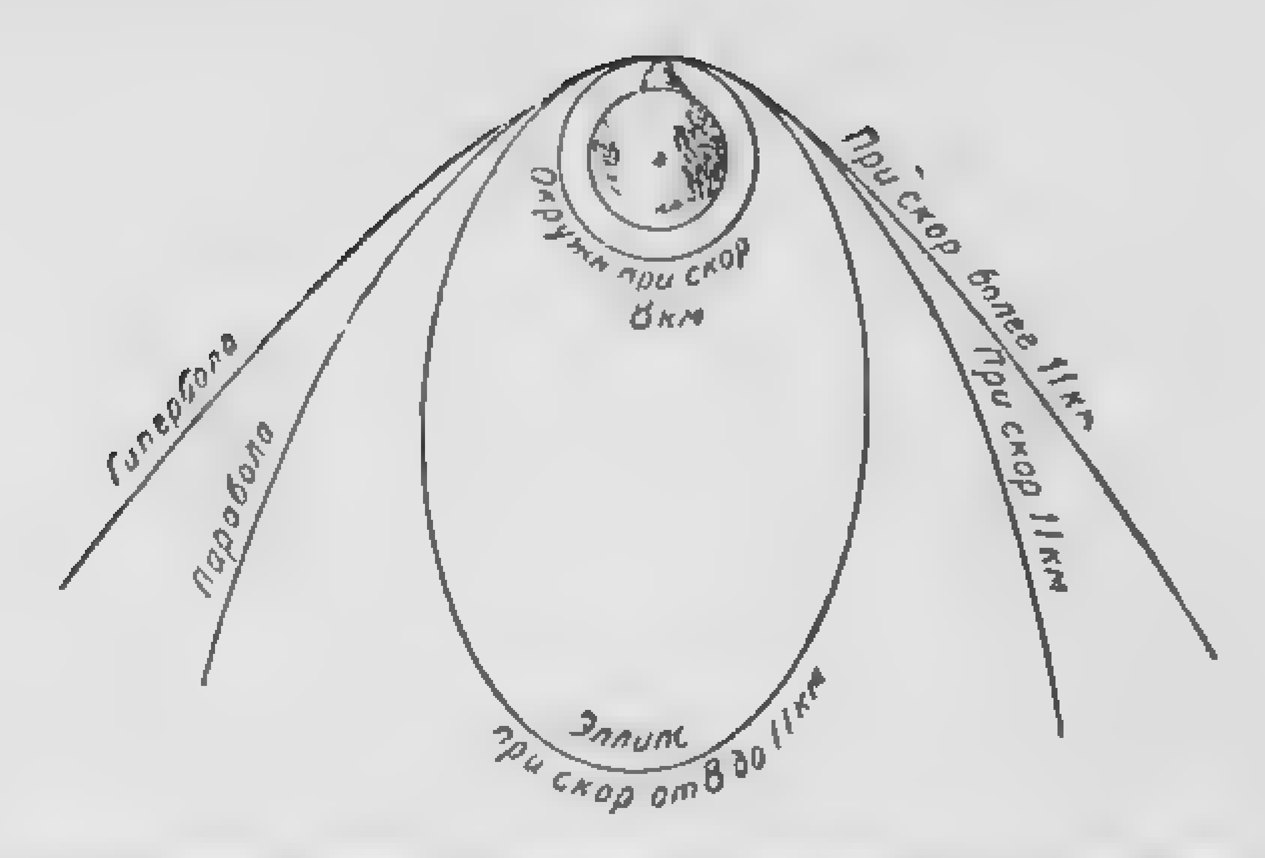
* Расчет, поясняемый рис. 16, смущает некоторых читателей тем, что величина секундного приближения падающего тела к центру Земли принимается здесь постоянной; между тем для свободно падающего тела величина эта в последовательные секунды растет, как известно, пропорционально квадрату числа протекших секунд: в первую секунду падения тело опускается на 5 *м*, в первые две — на 20 *м*, в первые три — на 45 *м* и т. д. Не надо забывать одного, что пройденный путь возрастает так лишь тогда, когда направление силы земного притяжения, действующей на тело, остается неизменным или параллельным самому себе. В нашем же случае направление силы тяжести каждый момент меняется, составляя всегда прямой угол с касательной скоростью (рис. 17). Поэтому отвесная скорость не накопляется, и тело ежесекундно опускается на 5 *м*.



18. Судьба ядер, выброшенных пушкой с весьма большими скоростями.

рить Земле маленького, но всё же настоящего спутника. Пылкий герой Жюль-Вернова «Путешествия на Луну», артиллерист Мастон, не без основания воскликнул, что в создании пушечного ядра человек проявил высшую степень могущества: «Создав пушечное ядро, человек сотворил подобие несущихся в пространстве небесных светил, которые в сущности те же ядра». Еще справедливее это сравнение с небесными светилами для того снаряда, который отсылается в мировое пространство. Это новое небесное тело, при своей миниатюрности, будет не хуже всех остальных подчиняться трем законам Кеплера, управляющим небесными движениями. Нужды нет, что пушечный снаряд — предмет «земной»: приобретя космическую скорость, он превращается в настоящее небесное тело.

Итак, сообщив пушечному снаряду начальную скорость 8 *км/сек*, мы превращаем его в маленькое небесное тело, которое, победив земное притяжение, уже не возвращается на Землю. Что же будет, если сообщить снаряду еще бóльшую начальную скорость? В небесной механике доказывается, что при начальной секундной скорости в 8, 9, 10 *км/сек.* снаряд, выброшенный пушкой, будет описывать около Земли не окружность, а эллипс — тем более вытянутый, чем значительнее начальная скорость; центр Земли занимает один из фокусов этого эллипса.



19. Какие пути должны описывать в пустом пространстве тела, брошенные с Земли горизонтально со скоростью 8 *км/сек* и более

Когда же мы доведем начальную скорость приблизительно до 11 *км/сек.*, эллипс превратится уже в незамкнутую кривую — в параболу (рис. 19). Точнее говоря, он должен был бы превратиться в параболу, если бы Земля была единственным телом, притяжение которого влияет на путь нашего снаряда. Могучее притяжение Солнца также действует на снаряд и мешает ему удалиться в бесконечность. Брошенный с указанной скоростью в направлении годового движения Земли снаряд избегнет падения на Солнце и будет вечно обращаться вокруг него, подобно земному шару и другим планетам. В астрономическом смысле он повысится в ранге: из спутника Земли превратится в спутника Солнца, в самостоятельную планету. Человеческая техника подарит солнечной системе нового миниатюрного члена.

Ради простоты, мы начали с рассмотрения тела, брошенного горизонтально. В небесной механике доказывается однако, что те же выводы справедливы и для тела, бро-

шенного под любым углом к горизонту, даже отвесно, как ядро в романе Жюля Верна. Во всех случаях при достаточной скорости снаряд покидает Землю навсегда и уносится в мировое пространство.

Вот какие чудесные возможности открывает перед нами теория. Что же говорит ее несговорчивая сестра — практика? В состоянии ли современная артиллерия осуществить эти возможности?

Величайшая пушка, действительно сооруженная, — это то знаменитое сверхдальнобойное орудие, которым немцы в 1918 г. обстреливали Париж с расстояния 120 километров. В следующей табличке сопоставлены данные об обеих пушках — германской * и Жюль-Верновой:

	Германское орудие	Колумбиада Жюля Верна
Длина ствола	34 *м*	275 *м*
Вес орудия	750 *т*	68 000 *т*
Наружный диаметр	1 *м*	6,75 *м*
Толщина стенок	40 *см*	200 *см*
Калибр	21 *см*	275 *см*
Длина снаряда	95—111 *см*	400 *см*
Вес снаряда	100—115 *кг*	8 000 *кг*
Вес заряда	150 *кг*	180 000 *кг*
Начальная скорость	2000 *м/сек*	16 000 *м/сек*

Сравнивая оба исполина — реальный и фантастический, — мы видим, что германские артиллеристы создали орудие, которое по линейных размерам всего в 7—8 раз было меньше Жюль-Верновой колумбиады и выбрасывало снаряд со скоростью 2 *км/сек*. Эта рекордная начальная скорость в 5½ раз меньше того, что необходимо для переброски снаряда с Земли на Луну.

Переход от 2 к 11 как будто не так уже значителен.

* По данным «Артиллерийского журнала» (1935, № 1), почерпнутым из немецкой книги Эйсгрубера «Как мы обстреливали Париж», 1934.

Техника в победном шествии своем преодолела гораздо бо́льшую дистанцию, когда заменила древние катапульты мощными орудиями современной артиллерии. Римские легионеры назвали бы безумцем всякого, кто сказал бы, что их потомки будут перебрасывать снаряды в тонну весом на расстояние 40 и более километров. Энергия, выбрасывающая снаряд из крупного орудия, в десятки миллионов раз превышает энергию человека, невооруженной рукой бросающего камень. Если мы могли так головокружительно далеко превзойти силу первобытного дикаря, то не опрометчиво ли ставить какие-нибудь границы дальнейшему росту могущества артиллерийской техники?

Досадно, конечно, что земная тяжесть так значительна. На Луне напряжение тяжести вшестеро слабее, чем на Земле, и совершенно отсутствует атмосфера, служащая серьезным препятствием полету снаряда; поэтому там для превращения снаряда в спутник почти достаточна была бы одна из тех дальнобойных пушек, которыми наша техника уже располагает в данный момент (нужна начальная скорость 2,3 *км/сек*). А на спутнике Марса — на крошечном Фобосе — можно просто бросить камень рукой, чтобы он никогда уже не упал обратно.

Однако мы живем не на Фобосе и не на Луне, а на Земле. Нам необходимо поэтому добиваться секундной скорости около 13—17 *км*, чтобы иметь возможность перекидывать пушечные снаряды на иные планеты. Достигнем ли мы этого когда-нибудь?

7.

ИЗ ПУШКИ НА ЛУНУ. ПРАКТИКА.

Итак, можно ли надеяться, что артиллерия когда-нибудь осуществит смелый замысел членов Пушечного клуба, подсказанный им фантазией Жюля Верна?

Нет, — и вот почему.

Нетрудно сообразить, что газы, образующиеся при взрыве орудийного заряда, могут сообщить выталкиваемому снаряду скорость не бóльшую той, какою они обладают сами. С того момента, как скорость снаряда сделается равной скорости молекул пороховых газов, последние перестанут на него напирать, и дальнейшее нарастание скорости прекратится. Энергию же движения газы эти черпают из запаса химической энергии заряда. Зная это, можно вычислить ту предельную скорость, какую данное взрывчатое вещество способно сообщить артиллерийскому снаряду. Черный порох, например, выделяет при сгорании 685 больших калорий на килограмм своей массы. В единицах механической энергии это соответствует — считая по 427 *кгм* на калорию — 290 000 *кгм*. Так как живая сила килограмма вещества, движущегося со скоростью v, равна $\frac{v^2}{20}$ *кгм*, то имеем уравнение:

$$290\,000 = \frac{v^2}{20},$$

откуда $v \approx 2400$ *м/сек*. Значит, наибольшая скорость, какую черный порох способен сообщить снаряду, — 2400 *м/сек*, и никакие усовершенствования огнестрельного оружия не превзойдут этого предела.

Из всех известных нам взрывчатых веществ наибольший запас энергии заключает нитроглицерин: 1530 больших калорий на килограмм (пироксилин, отправивший на Луну героев Жюля Верна, развивает при взрыве всего 1100 калорий). В переводе на механическую энергию получим 670 000 *кгм*, а из уравнения

$$670\,000 = \frac{v^2}{20},$$

узнаем соответствующую предельную скорость снаряда: 3660 *м/сек.*

Как видите, это еще далеко от тех 11—17 *км/сек.* какие нужны для выстрела в мировое пространство.

Если для сообщения артиллерийскому снаряду космической скорости не годятся современные взрывчатые вещества, то нельзя ли надеяться на то, что химия снабдит нас когда-нибудь более мощными взрывчатыми составами? Однако химики дают на этот счет мало обнадеживающие сведения. «Нельзя ждать значительного успеха в изобретении сильных взрывчатых веществ. Наши взрывчатые вещества и без того дают очень много тепла и приводят к очень высоким температурам... Трудно надеяться, чтобы химическими способами можно было выйти далеко за пределы этих температур. Таким образом нельзя рассчитывать изобрести взрывчатые вещества, которые давали бы много больше работы, чем современные» (Е. Шилов. «Пределы силы взрывчатых веществ»).

Как видим, пушка, заряжаемая взрывчатыми составами, совершенно недостаточна для обстрела мирового пространства и навсегда останется такой. Но, быть может, это будет осуществлено когда-нибудь пушками электромагнитными, слухи об изобретении которых проникали в печать? Здесь мы вступаем в область неизвестного.

Будем оптимистами и станем надеяться, что это неизвестное сулит успех и поможет людям со временем перебросить снаряд на Луну.

Если бы вопрос состоял только в этом, если бы мы искали способа установить между планетами своего рода небесную почту, если бы мы стремились лишь отправлять в далекие миры посылки для неведомых адресатов, то задача решалась бы электромагнитной пушкой вполне удовлетворительно.

Но мы заботились пока только о снаряде, о том, чтобы

он полетел достаточно быстро и достиг своей цели. Подумаем теперь и о том, что́ будет происходить внутри снаряда. Ведь перед нами не простой артиллерийский снаряд; это своего рода вагон, в котором находятся живые существа. Какая участь ожидает их при полете?

Здесь, а не в самой мысли перекинуть снаряд на Луну, кроется слабое место заманчивого проекта Жюля Верна.

Небывалое путешествие должно было пройти для пассажиров Жюля-Вернова снаряда далеко не так благополучно, как описано в романе. Не думайте, впрочем, что опасность грозит им во время путешествия от Земли до Луны. Ничуть! Если бы пассажирам удалось остаться живыми к моменту, когда они покинут канал пушки то в дальнейшем путешествии им нечего было бы уже опасаться. В океане Вселенной нет ни бурь, ни волн, ни качки. Встреча с метеором весьма мало вероятна; тот «второй спутник Земли», который едва не преградил путь снаряду Жюля Верна, в действительности не существует. А огромная скорость, с которой пассажиры летели бы в мировом пространстве вместе с их вагоном, была бы столь же безвредна для них, как безвредна для нас, обитателей Земли, та секундная скорость в 30 *км*, с какой мы мчимся вокруг Солнца.

Опасный момент для Жюль-Верновых путешественников представляют те сотые доли секунды, втечение которых снаряд-вагон движется в канале самой пушки. В этот ничтожно малый промежуток времени скорость движения пассажиров должна неимоверно возрасти: от нуля до 16 *км/сек.* * Герои романа были вполне правы, утверждая, что момент, когда снаряд полетит, будет столь же опасен для них, как если бы они находились не внутри снаряда, а прямо перед ним. Действительно, в момент выстрела

* Жюль Верн выбрал для снаряда именно такую скорость в расчете преодолеть не только силу тяжести, но и сопротивление атмосферы.

нижняя площадка (пол) каюты должна ударить пассажиров с такой же силой, с какой обрушился бы снаряд на любое тело, находящееся впереди него. Напрасно пассажиры воображали, что отделаются лишь сильными приливами крови к голове.

Дело неизмеримо серьезнее. Произведем несложный расчет. В канале пушки снаряд движется ускоренно, — скорость его увеличивается под постоянным напором газов, образующихся при взрыве; втечение ничтожной доли секунды она возрастает от нуля до 16 *км*. Как же велико «ускорение» этого движения, т. е. на какую величину нарастает здесь скорость втечение полной секунды? Нужды нет, что движение длится лишь малую долю секунды: расчет можно вести на целые секунды. Оказывается *, что секундное «ускорение» ядра, скользящего в канале орудия, выражается огромным числом — 640 *км/сек*. Для сравнения напомню, что секундное ускорение трогающегося курьерского поезда — не более 1 *м/сек*.

Все значение этого числа — 640 *км/сек* за секунду — мы постигнем лишь тогда, когда сравним его с ускорением падающего тела на земной поверхности, ускорением, составляющим всего около 10 *м/сек*. за секунду, т. е. в 64 000 раз меньше. Это значит, что в момент выстрела каждый предмет внутри снаряда придавливался бы ко дну снаряда с силой, которая в 64 000 раз более веса самого предмета. Пассажиры почувствовали бы, что внезапно сделались в десятки тысяч раз тяжелее. Цилиндр мистера Барбикена один весил бы десятки тонн. Правда, это длилось бы всего 40-ю долю секунды, но можно не сомневаться, что под действием такой колоссальной тяжести люди были бы буквально расплющены. Бессильны все меры, принятые героями Жюля Верна для ослабления силы удара: пружин-

* См. расчеты в конце книги, в Приложении 6.

ные буфера и двойное дно с водой. Продолжительность удара от этого, правда, растягивается, и, следовательно, быстрота нарастания скорости уменьшается. Но при тех огромных величинах, с которыми приходится иметь здесь дело, выгода получается ничтожная: сила, придавливающая пассажиров к полу, уменьшается на какую-нибудь сотую долю, не более.

Нет ли средств избегнуть при взрыве роковой быстроты нарастания скорости?*

Этого можно было бы достигнуть весьма значительным удлинением канала пушки. Легко убедиться вычислением (см. Приложения), что если, например, мы хотим иметь «искусственную» тяжесть внутри ядра в момент выстрела равною обыкновенной тяжести на земном шаре, то нам нужно изготовить пушку длиною — не мало, не много — в 6000 *км*. Жюль-Вернова колумбиада должна была бы простираться в глубь земного шара почти до самого центра, чтобы пассажиры были избавлены от этих неприятностей: они почувствовали бы, что стали только вдвое тяжелее.

Надо заметить, что человеческий организм втечение весьма краткого промежутка времени без вреда переносит увеличение собственной тяжести в несколько раз. Когда мы скатываемся с ледяной горы вниз и здесь быстро меняем направление своего движения, то в этот краткий миг вес наш увеличивается раз в 10 (т. е. тело наше в десятки раз сильнее обычного прижимается к салазкам)... Если даже допустить, что человек может безвредно переносить втечение короткого времени 20-кратное увеличение своего веса, то для отправления людей на Луну достаточно будет отлить пушку в 300 *км* длиною. Однако и это мало утешительно, потому что подобное сооружение лежит за пределами технической достижимости. Не говорю уже о том,

* В сущности это огромное ускорение есть лишь другое название для того, что мы именуем сотрясением.



20. При скатывании с ледяной горы вес нашего тела увеличивается в несколько раз.

что извергающая сила такой непомерно длинной пушки должна значительно уменьшиться вследствие трения ядра в 300-километровом канале орудия.

Физика указывает и на другое средство ослабить силу удара. Самую хрупкую вещь можно уберечь от поломки при сотрясении, погрузив ее в жидкость равного удельного веса. Так, если заключить хрупкий предмет в сосуд с жидкостью такой же плотности и герметически закупорить его, то подобный сосуд можно ронять с высоты и вообще подвергать сильнейшим сотрясениям, при условии, разумеется, что сосуд остается цел, — и хрупкий предмет от толчков почти не страдает. Мысль эта впервые высказана К. Э. Циолковским. «Известно, — пишет он, — что все слабое, нежно устроенное — зародыши — природа помещает в жидкости или окружает ими... Возьмите стакан с водою, куриное яйцо и соль. Яйцо положите в воду, а соль подсыпайте в стакан до тех пор, пока яйцо не начнет подниматься со дна к поверхности воды. Тогда прибавьте

немного воды, чтобы яйцо находилось в равновесии во всяком месте сосуда, т. е. чтобы оно, будучи на средней высоте, не поднималось кверху и не опускалось на дно. Теперь ударьте смело стаканом о стол настолько сильно, насколько позволяет крепость стекла, — и от этого яйцо в стакане не шелохнется. Без воды яйцо, конечно, и при самых слабых ударах моментально раскалывается. Опыты эти описаны мною в трудах Московского общества любителей естествознания за 1891 г.».

Не следует думать однако, что мы могли бы поэтому осуществить смелую затею Жюль-Верновых артиллеристов, если бы наполнили внутренность снаряда соленой водой средней плотности человеческого тела и в эту среду погрузили пассажиров, одетых в водолазные костюмы, с запасом воздуха; после же выстрела, когда нарастание скорости прекратится и пассажиры приобретут скорость снаряда, они могли бы уже выпустить воду и устроиться в каюте, не опасаясь неприятных неожиданностей. Такая мысль ошибочна, потому что тела живых существ имеют неоднородное строение: они состоят из частей различного удельного веса (кости, мускулы и т. п.), а окружить каждую отдельную часть жидкостью соответствующей плотности невозможно.

В частности невозможно оградить от сотрясения мозг, заключенный в черепной коробке. Между тем, как показали опыты, именно этот орган всего более чувствителен к резким изменениям скорости (мозг сильно придавливается тогда к внутренним стенкам черепа).

Итак, вот какие затруднения нужно было бы преодолеть, чтобы осуществить в действительности заманчивый проект Жюля Верна:

1) Придумать способ метать снаряды со скоростью, всемерно большей, чем начальная скорость быстрейших современных снарядов.

2) Соорудить пушку длиною километров в 300.

3) Поместить пушку так, чтобы жерло ее выступало за пределы земной атмосферы, избегнув этим сопротивления воздуха.

А в результате — отправиться в небесное странствование без малейшей надежды вернуться не только живым, но даже и мертвым: ведь только счастливая случайность помогла героям романа возвратиться на Землю. Жюль-Верново ядро — снаряд неуправляемый: чтобы дать ему новое направление, надо зарядить им пушку. А где взять пушку в мировом пространстве или на другой планете?

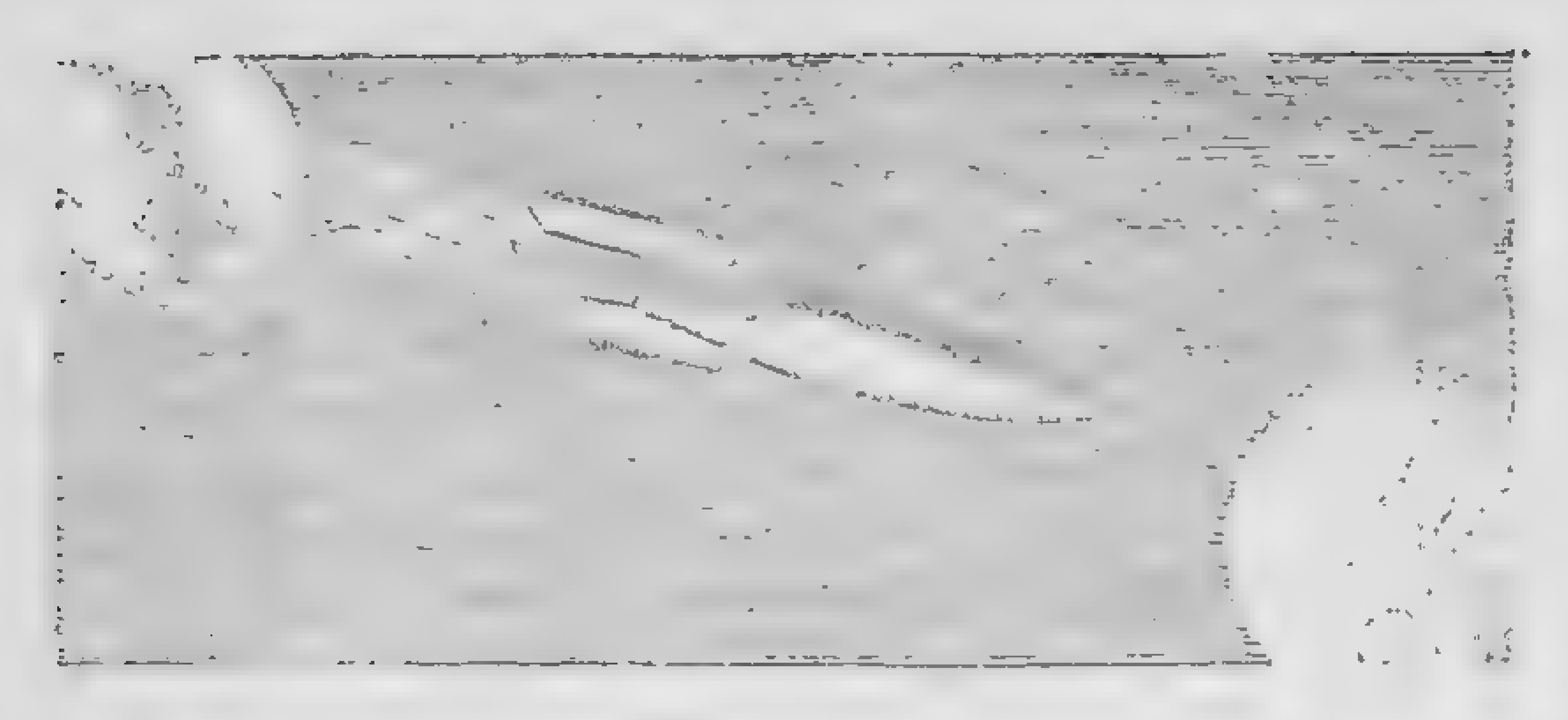
Невольно вспоминается глубокое изречение Паскаля: «Никто не странствовал бы по свету, если бы не надеялся когда-нибудь рассказать другим о том, что видел»... Но именно этой надежды пушка Жюля Верна нам не оставляет.

8.

К ЗВЕЗДАМ НА РАКЕТЕ.

После ряда разочарований мы подходим, наконец, к единственному действительно осуществимому проекту межпланетных путешествий. Путь этот указан был впервые нашим ученым К. Э. Циолковским (в 1903 г.) и стоит в стороне от всех фантастических замыслов, рассмотренных ранее. Здесь перед нами уже не фантазия романиста, не просто любопытная задача из области небесной механики, а глубоко продуманный механический принцип, реальный путь к осуществлению заатмосферных полетов в управляемом снаряде — звездолете.

Ничто не может быть проще той мысли, которая положена в основу этого проекта — двигаться, управляясь в пустом пространстве без опоры. На первых уроках физики знакомимся мы с законом «действия и противодей-



21.

ствия», иначе называемым «третьим законом Ньютона»: каждая сила всегда вызывает равную ей силу противодействия. Эта-то последняя сила и поможет нам умчаться в бездны мироздания. Сила противодействия проявляется на каждом шагу, — быть может именно потому мы и не отдаем себе ясного отчета в ее существовании; нужны особые обстоятельства, чтобы заставить мысль остановиться на ней.

Когда вы стреляете из ружья, вы чувствуете его «отдачу»: давление взрывных газов отбрасывает пулю в одну сторону и с равною силою отталкивает ружье в обратную сторону. Если бы ружье весило столько же, сколько и пуля, приклад ударял бы стреляющего с такою же скоростью, с какою ударяет пуля, выпущенная в упор; каждый стрелок был бы тогда самоубийцей. Но ружье значительно тяжелее пули, и во столько же раз ослабляется действие его возвратного удара. Надо всегда помнить, что вообще действие силы на тело зависит от массы этого тела: одна и та же сила сообщает грузному телу меньшую скорость, чем легкому (соответственно обратному отношению их масс). Закон «равенства действия и противодействия» не следует

понимать буквально: само действие почти никогда не равно противодействию, равны лишь действующие при этом силы, могущие вызвать весьма различные результаты.

Наблюдая падение яблока на Землю, не думайте, что земной шар остается неподвижен, нарушая закон противодействия. Притяжение и здесь взаимное; сила действия Земли на яблоко вызывает точно такую же силу противодействия. Яблоко и Земля буквально падают друг на друга, влекомые равными силами; но так как масса земного шара неизмеримо больше массы яблока, то скорость падения Земли неизмеримо меньше скорости падения яблока. Пока яблоко падает с дерева на Землю, наша планета перемещается навстречу яблоку едва на одну стотриллионную долю сантиметра. Практически Земля остается неподвижной, и замечается лишь движение яблока.

Этот-то закон, впервые провозглашенный великим Ньютоном, открывает перед нами возможность свободно двигаться, ни на что не опираясь. Перемещаться, ни от чего не отталкиваясь, одними лишь внутренними силами — не звучит ли это так, как поднятие самого себя за волосы по анекдотическому способу барона Мюнхгаузена? Но сходство — чисто внешнее. По существу разница здесь огромная, и насколько бесполезно поднимать себя за волосы, настолько действителен способ движения по принципу отдачи. Природа давно уже осуществила такое перемещение для многих живых существ. Каракатица набирает воду в жаберную полость и затем энергично выбрасывает струю воды через особую воронку впереди тела; вода устремляется вперед, а тело каракатицы получает обратный толчок, отбрасывающий ее назад; направляя трубку воронки вбок или вниз, животное может таким своеобразным способом двигаться в любом направлении. Подобным же образом

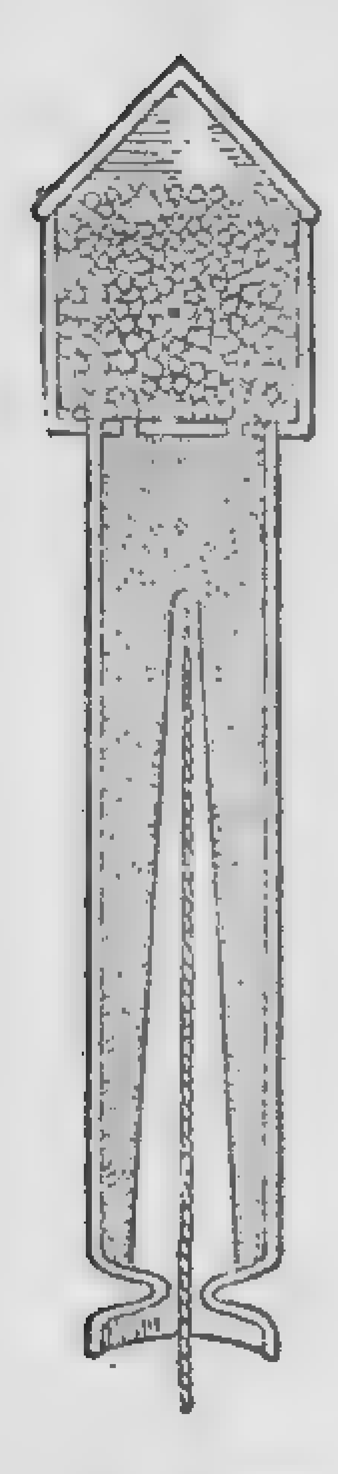
перемещают свое тело медузы, сальпы, личинки стрекоз и многие другие обитатели вод. Пользуется этим приемом и человеческая техника: вращение водяных и так называемых реакционных паровых турбин тоже основано на законе противодействия.

Нигде, однако, интересующий нас способ перемещения не проявляется так наглядно, как при полете обыкновенной ракеты. Сколько раз любовались вы ее эффектным взлетом, — но приходило ли вам в голову, что вы видите перед собою уменьшенное подобие будущего межзвездного дирижабля? А между тем еще гениальный Гаусс предрекал ракете в будущем великое значение, более важное, чем открытие Америки...

Отчего ракета взлетает вверх при горении наполняющего ее пороха? Даже среди людей науки приходится нередко слышать, будто ракета летит вверх потому, что газами, которые вытекают из нее при горении пороха, она «отталкивается от воздуха». На самом же деле воздух не только не обусловливает движение ракеты, но даже мешает ей: в безвоздушном пространстве ракета должна лететь быстрее, чем в атмосфере. Истинная причина движения ракеты состоит в том, что когда пороховые газы стремительно вытекают из нее вниз, сама трубка ракеты, по закону противодействия, отталкивается вверх. Весьма наглядно объяснены механические условия такого полета в предсмертной записке известного революционера-первомартовца Кибальчича, о котором у нас еще будет речь. Он писал:

«Представьте себе, что мы имеем из листового железа цилиндр, закрытый герметически со всех сторон и только в нижнем дне своем имеющий отверстие. Расположим по оси этого цилиндра кусок прессованного пороха и зажжем его. При горении образуются газы, которые будут давить на всю внутреннюю поверхность цилиндра. Но давления

на боковую поверхность цилиндра будут взаимно уравновешиваться, и только давление газов на закрытое дно цилиндра не будет уравновешено противоположным давлением, так как с противоположной стороны газы имеют свободный выход через отверстие.* Если цилиндр поставлен закрытым дном кверху, то при известном давлении газов цилиндр должен подняться вверх». — Прилагаемые чертежи поясняют сказанное.



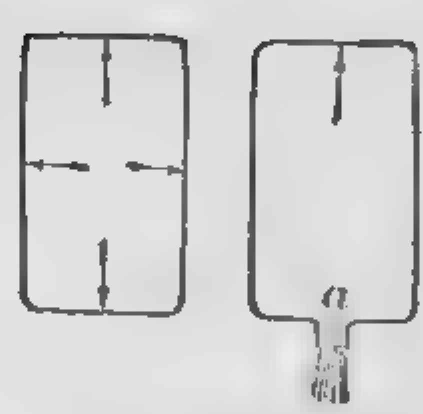
22. Увеселительная ракета с цветными звездчами (шарики состава бенгальского огня в головной части ракеты).

При горении пороха ракеты происходит в сущности то же, что и при выстреле из пушки. Снаряд летит вперед, пушка отталкивается назад. Если бы пушка висела в воздухе, ни на что не опираясь, она после выстрела устремилась бы назад со скоростью, которая во столько раз меньше скорости снаряда, во сколько раз он легче пушки. Ракета — нечто как раз противоположное пушке; в пушке назначение взрыва — выбросить снаряд, почти не сдвигая ствола пушки; в ракете же взрывные газы предназначаются именно для перемещения самого тела ракеты. Скорость и масса этих газов так значительны, что «отдача» заставляет тело ракеты быстро взлетать вверх. Все время, пока происходит горение пороха, скорость ракеты возрастает; к прежней скорости непрерывно, каждую секунду, прибавляется новая,** да

* Это надо понимать в том смысле, что противодействующая сила порождает здесь не напор на стенку, а истечение газов из отверстия.

** Ускорение, с каким движется вверх пиротехническая ракета, в десятки раз больше ускорения земной тяжести.

и сама ракета, теряя свои горючие запасы, уменьшает свою массу и потому заметнее поддается действию силы.



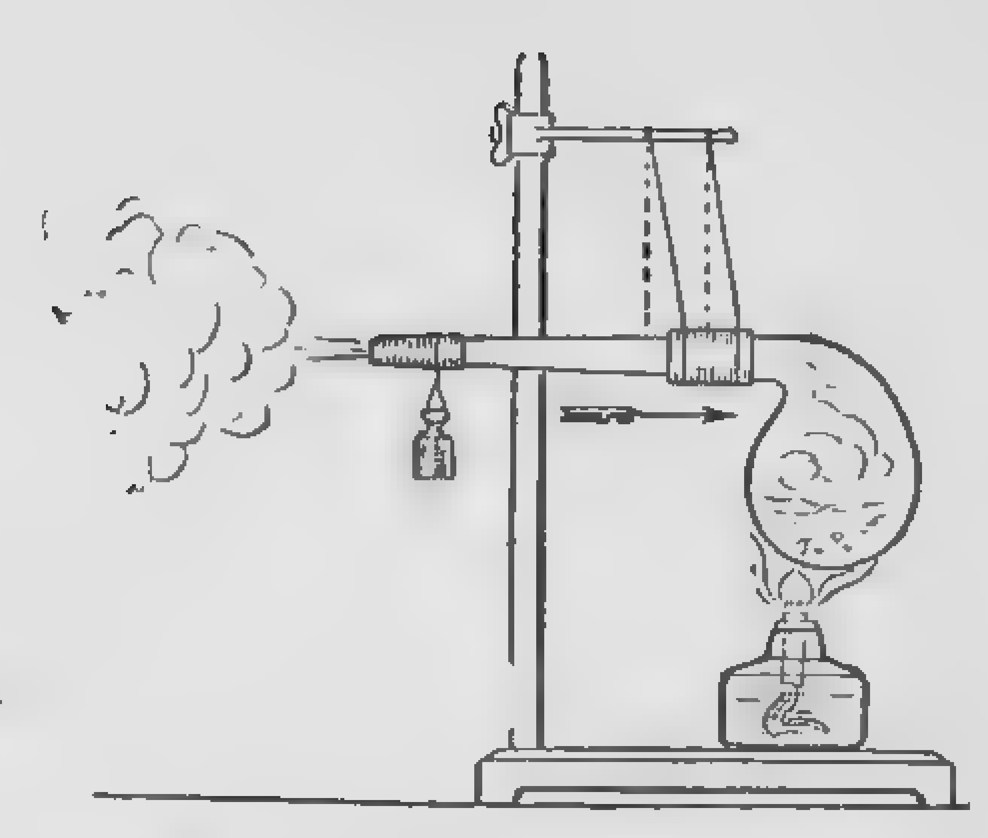
23. Действие газов внутри ракеты (схема).

Опишу несложный прибор, действие которого объясняется тем же принципом. Прибор нетрудно устроить самому. Он наглядно убеждает в существовании силы, которая должна увлекать ракету в сторону, противоположную истечению газов. Стеклянный сосуд (рис. 24) подвешен к подставке на нитях. В сосуд наливают воды и подставляют под него горелку. Когда вода закипит, пар будет струйкой выбиваться из сосуда, сам же сосуд при этом откачнется в обратную сторону. Но, очутившись вне пламени, реторта скоро охладится; вода перестанет кипеть, пар больше выбиваться не будет, и сосуд вернется в прежнее положение. Опять начнется кипение, опять реторта откачнется, и т. д. Сосуд будет качаться как маятник («тепловой маятник» Цельнера).

Ньютон, говорят, проектировал устройство самодвижущегося экипажа, устроенного подобным же образом, т. е. в сущности то, что выполнено теперь строителями ракетного автомобиля.

Однако вернемся к ракете и к идее межпланетного корабля. Когда порох в ракете весь выгорит, пустая ракетная трубка, пролетев еще некоторый путь по инерции, падает обратно на землю: ее скорость недостаточна для окончательного преодоления силы тяжести. Но вообразите ракету в десятки метров длиною, снабдите ее таким запасом горючего, чтобы она успела накопить секундную скорость в 11 *км* (эта скорость, мы знаем, достаточна, чтобы безвозвратно покинуть Землю), — тогда цепи земного тяготения будут разорваны.

Способ странствовать в мировом пространстве найден!



24. Тепловой маятник Цельнера.

Вот физические соображения, приводящие к мысли об устройстве летательного аппарата, способного двигаться не только в атмосфере, но и за ее пределами. Впервые идея подобного аппарата — правда, для земных, а не для межпланетных полетов — была высказана в 1881 г. известным русским революционером-изобретателем Н. И. Кибальчичем в проекте, составленном этим замечательным человеком незадолго до казни. Проект Кибальчича был высказан лишь в форме основной идеи: «Будучи на свободе, я не имел достаточно времени, чтобы разработать свой проект в подробностях и доказать его осуществимость математическими вычислениями», писал он. Гораздо обстоятельнее разработана та же мысль недавно умершим физиком К. Э. Циолковским, создавшим идею настоящего межпланетного дирижабля-звездолета и обосновавшим его на строгом математическом расчете.

По тому же пути, независимо от русских изобретателей, пошли на Западе и другие исследователи, о которых у нас еще будет речь.

Аппарат К. Э. Циолковского — не что иное, как огромная ракета с каютой для пассажиров. «Представим себе, —

писал он еще в 1903 г., — такой снаряд: металлическая продолговатая камера, снабженная светом, кислородом, поглотителями углекислоты и других животных выделений, предназначена не только для хранения разных физических приборов, но и для управляющего камерой разумного существа. Камера имеет большой запас веществ, которые при своем смешении тотчас же образуют взрывчатую массу. Вещества эти, правильно и равномерно взрываясь в определенном для этого месте, текут в виде горячих газов по расширяющимся трубам. В расширенном конце, сильно разредившись и охладившись от этого, они вырываются наружу через раструбы с громадною скоростью. Понятно, что такой снаряд, при известных условиях, должен подниматься в высоту... «Люди в этом аппарате смогут при помощи особого руля направлять его в любую сторону. Это будет настоящий управляемый космический корабль, на котором можно умчаться в беспредельное мировое пространство, перелететь на Луну, к планетам... Пассажиры смогут, управляя горением, увеличивать скорость своего звездолета с необходимой постепенностью, чтобы возрастание ее было безвредно».

Мы еще вернемся к более подробному описанию проектов подобного рода, а пока отметим существенные преимущества, которыми обладает звездолет К. Э. Циолковского по сравнению с пушечным снарядом Жюля Верна. Прежде всего, сооружение его, конечно, гораздо осуществимее, нежели сооружение исполинской пушки Жюля Верна. Затем звездолет развивает свою чудовищную скорость не сразу, как пушечное ядро, а постепенно, избавляя пассажиров от опасности быть раздавленными стремительным возрастанием их собственного веса.

Не опасно для ракетного звездолета и сопротивление воздуха: аппарат прорезает атмосферу не с космической скоростью, а с гораздо меньшею, — например со скоростью

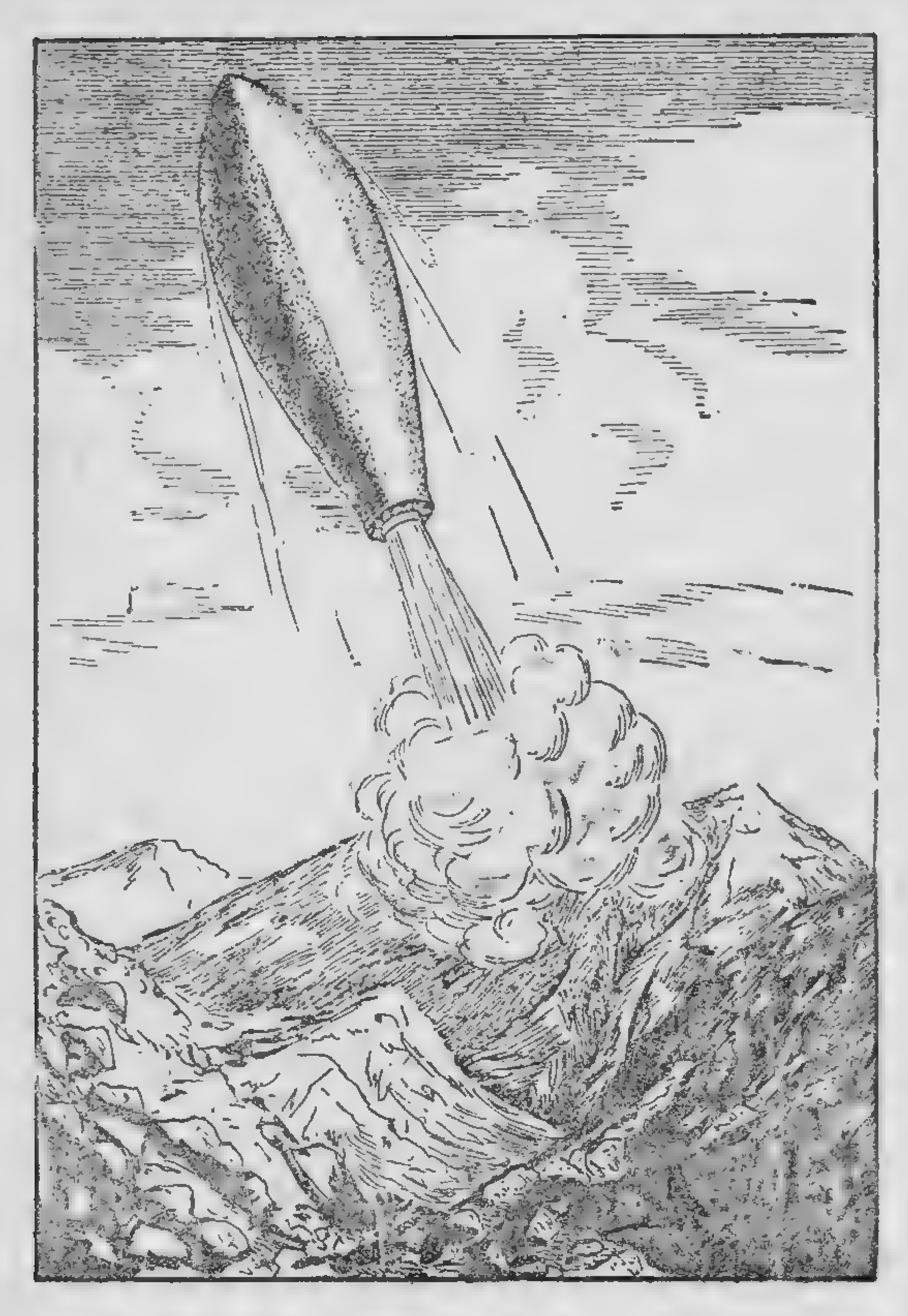
современной пули; полную же межпланетную скорость он развивает, лишь очутившись за пределами воздушной оболочки. Там, в мировом пространстве, взрывание может быть совершенно прекращено: звездолет умчится по инерции со скоростью, которая будет убывать лишь под действием земного притяжения. Он может мчаться так, без затраты горючего вещества, миллионы километров, и лишь для перемены направления полета, для изменения скорости или для ослабления удара при высадке на планету понадобится снова пустить в действие взрывной механизм.

Но самое главное преимущество ракетного звездолета состоит в том, что он даст будущим морякам Вселенной возможность, обогнув Луну или посетив какую-нибудь малую планету, в желаемый момент снова возвратиться на родную Землю. Нужно лишь обильно запастись взрывчатыми веществами, как полярные мореплаватели запасаются топливом.

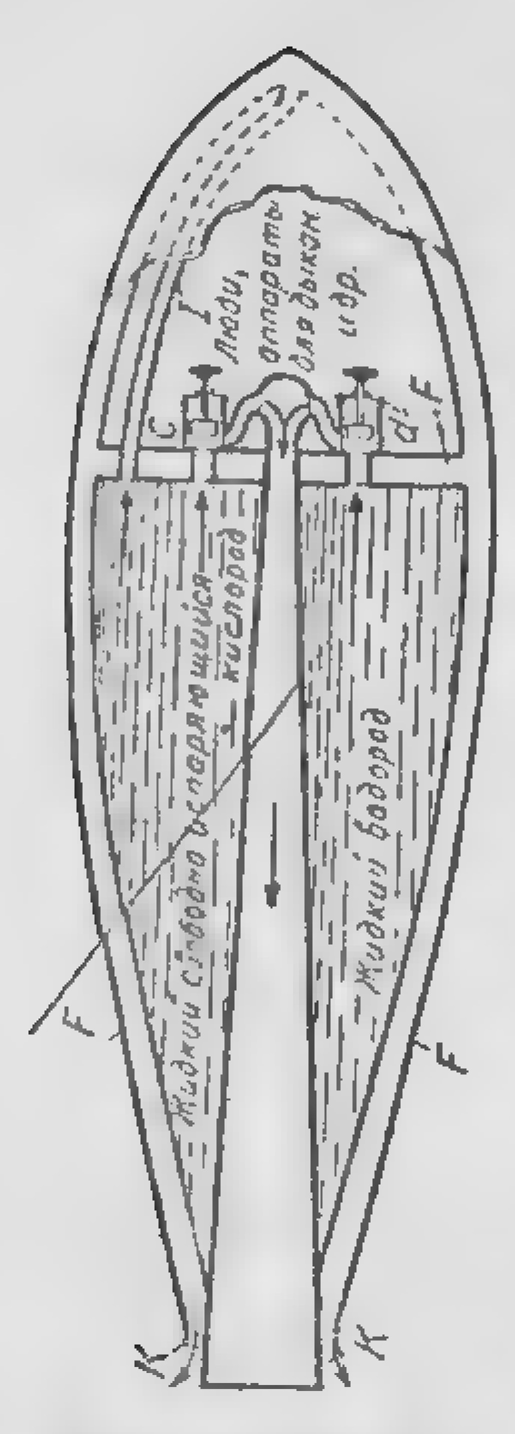
Некоторую опасность представляет разве встреча с крупным метеоритом, — с одним из тех космических камней, которые стремительно прорезают во всех направлениях пустыни межпланетного пространства. Расчет показывает однако, что вероятность встречи с метеоритом опасных размеров крайне ничтожна (к метеорной опасности мы вернемся еще в другом месте).

Так заманчивая возможность о достижении иных миров, о путешествии на Луну, на астероиды, к Марсу может превратиться в реальную действительность. Воздух для дыхания нетрудно будет взять с собой (в виде сжиженного кислорода), как и аппараты для поглощения выдыхаемой углекислоты. Мыслимо также снабдить небесных путешественников запасом пищи, питья и т. п. С этой стороны не предвидится серьезных препятствий — по крайней мере для не слишком долговременных межпланетных путешествий.

Высадка на Луну, на астероид или на один из мелких



25. Ракетный звездолет (фантастический рисунок).



26. Схема внутреннего устройства ракетного корабля по идее Циолковского.

спутников больших планет, — если только поверхность их в таком состоянии, что делает спуск возможным, — будет лишь вопросом достаточного количества взрывчатых веществ. Надлежаще направленными взрывами можно уменьшить огромную скорость ракеты настолько, чтобы падение ее совершалось плавно и безопасно. Но надо иметь еще в запасе достаточно взрывчатого вещества, чтобы вновь покинуть это временное пристанище, преодолеть силу притяжения планеты и пуститься в обратный путь с необходимым запасом для плавного спуска на Землю.

В особых непроницаемых костюмах, вроде водолазных, будущие Колумбы вселенной, достигнув планеты, смогут рискнуть выйти из небесного корабля. С запасом кислорода в металлическом ранце за плечами будут они бродить по почве неведомого мира, делать научные наблюдения, изучать его природу, мертвую и — если такая имеется — живую, собирать коллекцию... «Стать на почву астероидов, поднять камень с Луны, наблюдать Марс на расстоянии нескольких десятков километров, высадиться на его спутник или даже на самую его поверхность, — что́, повидимому, может быть фантастичнее? Однако только с момента применения ракетных приборов начнется новая великая эра в астрономии: эпоха более пристального изучения неба» (Циолковский).

К. Э. Циолковский не дал конструктивного проекта своего звездолета, считая необходимой предварительную,

более детальную разработку его идеи с принципиальной стороны. Но в виде наглядного примера одной из возможных форм осуществления основного принципа прилагаю схематический чертеж, выполненный с наброска, который сделан был К. Э. Циолковским по моей просьбе еще в 1914 г. (рис. 26). Вот краткое, составленное им же, пояснение:

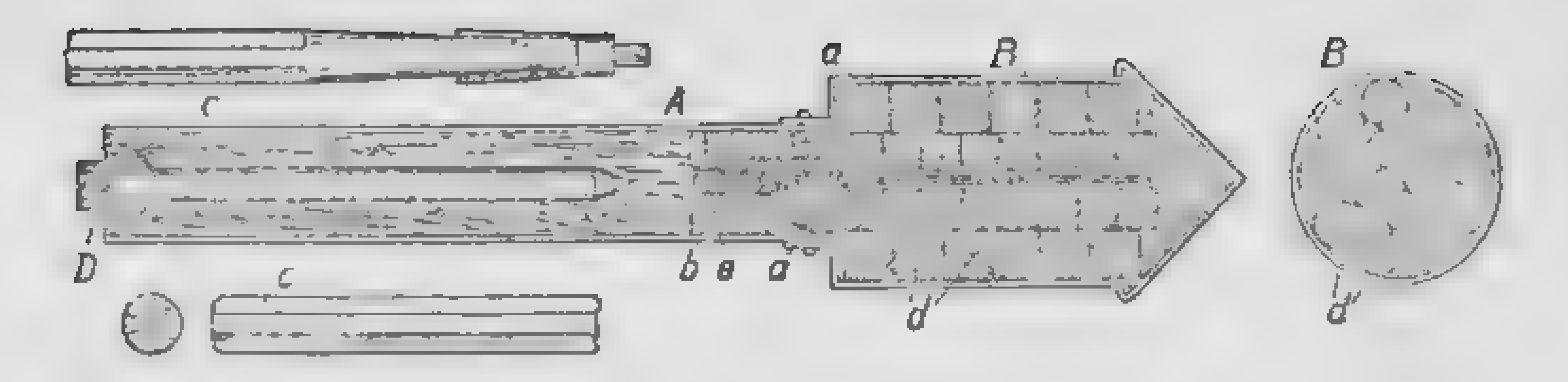
«Снаряд имеет снаружи вид бескрылой птицы, легко рассекающей воздух. Бóльшая часть внутренности занята двумя веществами в жидком состоянии: водородом и кислородом. Они разделены перегородкой и соединяются между собой только мало-по-малу. Остальная часть камеры, меньшей вместимости, назначена для помещения наблюдателя и разного рода аппаратов, необходимых для сохранения его жизни, для научных наблюдений и для управления. Водород и кислород, смешиваясь в узкой части постепенно расширяющейся трубы, соединяются химически и образуют водяной пар при весьма высокой температуре. Он имеет огромную упругость и вырывается из широкого отверстия трубы или продольной оси камеры. Направление давления пара и направление полета снаряда прямо противоположны». Подробнее о звездоплавательных планах К. Э. Циолковского у нас будет речь в особой главе.

9.

УСТРОЙСТВО ПОРОХОВОЙ РАКЕТЫ.

Прежде чем бросить взгляд на многообещающее будущее ракеты, на открывающиеся перед нею заманчивые дали, остановимся немного на устройстве и истории пороховой ракеты.

Начнем с обыкновенной пиротехнической ракеты, укра-



27. Разрез светящейся ракеты.

шающей многолюдные празднества. Как она устроена? Она представляет собой картонную трубку — «гильзу», набитую порохом. С одной стороны — передней — трубка закрыта, с задней она имеет суженный просвет и раструб — «дюзу». Сквозь сужение введен запальный шнур, служащий для поджигания пороховой массы. Порох не насыпают в гильзу рыхло, а набивают в мелко размолотом виде возможно плотнее, чтобы при зажигании заряд горел только с поверхности. Для увеличения поверхности горения (примерно в четыре раза) в плотной пороховой массе сделана вдавленность вдоль оси гильзы — так называемое «пролетное пространство». Наконец, чтобы придать ракете устойчивость в полете, к ней прикрепляется деревянная палка в несколько раз длиннее гильзы; этот «хвост» мешает летящей ракете перекидываться в воздухе.

Таково в основных чертах несложное устройство и всякой пороховой ракеты, какое бы назначение и какие бы размеры она ни имела. Но ошибкой было бы думать, что изготовление ракет — дело простое, посильное для любителя. Прежде всего фабрикация, а также пуск ракет сопряжены с опасностью взрыва даже в руках опытного профессионала. Следует поэтому настойчиво предостеречь от любительского экспериментирования с ракетами, не раз уже кончавшегося катастрофами, с пожарами и гибелью людей. Техника изготовления ракет требует основатель-

ного знания всех деталей производства, знания, которого нельзя почерпнуть из самых подробных руководств по пиротехнике.

На некоторых деталях поучительно будет здесь остановиться.

Порох для ракет употребляется обычно черный, дымный, особого состава. Укажем состав, употреблявшийся всемирно-известной германской пиротехнической лабораторией в Шпандау: * 76 частей селитры, 10 ч. серы и 16 ч. черемухового угля — состав, выработанный путем многолетних опытов и применяемый лабораторией с 1886 г. Порох разрывает ракету, если заряд недостаточно плотно впрессован в гильзу. Необходимо, чтобы горение состава происходило только с поверхности, т. е. не слишком быстро. Присутствие в заряде трещин может повлечь за собою одновременное воспламенение всей пороховой массы и взрыв ракеты. Пиротехники опасаются даже тончайших трещинок в прессуемой массе заряда. Поэтому ракеты крупного калибра (начиная с 8 *см*) изготовляются помощью гидравлического пресса, под давлением 750 атм., с соблюдением тщательных предосторожностей.

Гильзы делаются для небесных ракет картонные, для более крупных — металлические, лучше всего из алюминия или из сплавов магния. Медь в качестве материала для гильз избегается не только из-за тяжеловесности и недостаточной прочности, но и ввиду ее хорошей теплопроводности: быстрое нагревание стенок ракеты легко может

* Эта лаборатория снабжала ракетами не только Германию (в том числе и германскую армию), но и другие государства. Ее спасательные морские ракеты считались лучшими в мире и выписывались даже английским адмиралтейством. После ста лет существования, она была по Версальскому договору закрыта наряду с прочими военными заводами, и оборудование ее уничтожено. В настоящее время славится другая германская ракетная лаборатория в Везермюнде, руководимая знатоком пороховых ракет, инж. Ф. Зандером.

вызвать преждевременное воспламенение и взрыв всего заряда. Стальные гильзы также не рекомендуются, так как в случае взрыва они разлетаются градом острых осколков. При изготовлении металлических гильз для ракет продолжительного горения прибегают к теплоизоляции стенок.

Чтобы дать представление об устройстве ракет крупного калибра, на рис. 27 (стр. 70) показан разрез военной светящейся ракеты, употребляемой для освещения позиций противника. Вот ее описание (из курса артиллерии Н и л у с а и М а р к е в и ч а):

«Трехдюймовая светящаяся ракета состоит из: 1) железной гильзы *A*, набитой движущим (форсовым) пороховым составом, имеющей внутренний диаметр 3 дюйма; 2) жестяного колпака *B*, заряженного светящими звездками и мякотью, и 3) длинного деревянного хвоста *C*, служащего для направления движения ракеты.

«У заднего кольца гильзы закрепляется железный поддонок *D*. Посередине поддонка ввинчивается железный наконечник деревянного хвоста. Около него проделаны отверстия для выхода газов ракетного состава и для его зажигания. Сумма площадей этих отверстий равна ¼ площади внутреннего поперечного сечения.

«Гильза запрессовывается составом из селитры, серы и угля по длине около 5 калибров. При сплошной набивке состава поверхность горения равнялась бы поперечному сечению и была бы слишком малой: количества образующихся газов было бы недостаточно для того, чтобы преодолеть инерцию ракеты и привести ее в движение. Для увеличения поверхности горения, в составе выделывают по оси цилиндрический канал, не доводя его до конца состава. При зажигании ракеты воспламеняется вся поверхность этого канала. На состав ставится медная дистанционная трубка *a* с медным же поддонком *b*, набитая также ракетным составом: она служит для передачи огня звездкам

с некоторым замедлением, после того как форсовый состав уже выгорел, и ракета начинает падать вниз. Промежуток между трубкой *a* и стенками гильзы забит измельченной серой *c*, удерживающей трубку на месте. Затем к стенкам гильзы прикрепляется шейка жестяного колпака *B*, наполненная звездками *d*.

«Звездки готовятся из прессованного в цилиндрики состава бенгальского огня. На колпак надевается коническая крышка, которая соединяется с колпаком помощью штыкового соединения. Свободное место в крышке над звездками закладывается войлоком. Отверстия поддонка заклеиваются пластырем. Ракета весит около 16 *кг*».

Чем ракета крупнее, чем больше ее заряд и продолжительность горения, тем бо́льшая скорость накопляется к концу горения и, следовательно, тем выше подъем ракеты. Но это возрастание высоты взлета с увеличением калибра ракеты имеет предел, обусловленный тем, что поверхность горения пороховой массы растет пропорционально квадрату калибра, в то время как общий вес ракеты увеличивается пропорционально кубу калибра. Для крупных ракет получается поэтому невыгодное соотношение между поднимаемым грузом и количеством газов, образующихся при горении заряда. По соображениям подобного рода считалось еще недавно, что предельная высота подъема пороховых ракет равна 2—2½ *км*.

Предел этот, однако, был недавно далеко превзойден крупнокалиберными ракетами инж. Тиллинга, а также инж. Ф. Зандера, * работавшего совместно с безвременно погибшим деятелем звездоплавания Максом Валье. Летом 1928 г. Зандер запускал свои пороховые ракеты до границы стратосферы, т. е. на высоту 12—13 *км*. При ка-

---

* Не смешивать с недавно умершим советским работником ракетного дела инж. Ф. А. Цандером.

либре 22 *см* ракеты Зандера поднимали грузы в 400—500 *кг* на высоту 4—5 *км*, откуда они плавно опускались на парашюте.

«Каким способом такие результаты достигнуты, об этом, по соображениям секретности, естественно ничего сообщить нельзя», — читаем мы в книге Валье.

Испытание подобных ракет сопряжено с большою опасностью. «Опыты производились на особом полигоне, — пишет Валье, — где за пуском ракет следили через окошечки толстого сруба помощью стереотруб, фотоаппаратов и кинематографической ленты. На первых порах почти ежедневные взрывы вдребезги разносили дорогие инструменты, а острые осколки гильз вонзались на несколько сантиметров в стены сруба.

Случалось, что тяжелые, добела раскаленные дюзы взметались на сотни метров вверх или относились в сторону; далеко откинутая часть невыгоревшего заряда едва не причинила однажды лесного пожара».

О ракетах Тиллинга будет сказано в следующей главе.

10.

ИСТОРИЯ ПОРОХОВОЙ РАКЕТЫ.

История ракеты уходит далеко вглубь веков. Ракета гораздо древнее огнестрельного оружия, потому что китайцы, — которые, вероятно, и являются ее изобретателями, употребляли ее для декоративных целей еще до начала нашего летосчисления. На протяжении первого тысячелетия нашей эры можно найти, впрочем лишь глухие, упоминания об употреблении ракет. Имеются, далее, сведения, что в XIII веке китайцами и арабами применялись при осаде зажигательные ракеты. Около того же времени

встречаются упоминания о них в сочинении знаменитого ученого схоластика Альберта Великого и в некоторых арабских трудах по военному делу.

В Европу ракеты проникли, повидимому, лишь в XIV веке. Любопытно, что уже в начале XV века появились проекты (де-Фонтана) применения ракет в качестве двигателя для повозки, лодки, подводной торпеды и даже для воздушной торпеды в виде «ракетного голубя», т. е. зажигательной ракеты, снабженной хвостом и несущими плоскостями. Такие «ракетные голуби», надо думать, существовали не только в проекте: имеется свидетельство о пожаре в лагере осаждающих гуситов, возникшем (очевидно, вследствие противного ветра) при пуске ракетного голубя в осажденный город.

Втечение XV и XVII веков ракеты неоднократно описываются в качестве военного оружия немецкими и польскими авторами. В 1668 г. в Берлине производились опыты с весьма крупными ракетами, 50—100 фунтов весом, предназначавшимися для переброски зажигательных снарядов. В 1720 г. в сочинении лейденского физика Гравезанда (изобретателя известного нашим школьникам «шарика Гравезанда») мы находим описание паровой ракетной повозки, устроенной по мысли Ньютона.

В XVIII веке появляется уже специальный род войск, вооруженный ракетами. Индусские раджи содержали ракетные отряды численностью в несколько тысяч человек. Употреблявшиеся ими ракеты весили 3—6 *кг* и снабжены были хвостами до 2½ *м* длины.

Между прочим, в XVII и XVIII веках ракеты находят себе применение и на охоте — для рассеивания больших стай животных, которых охотники предпочитали преследовать врассыпную.

Эпохой расцвета ракетного военного оружия надо считать начало XIX века, когда генерал английской службы

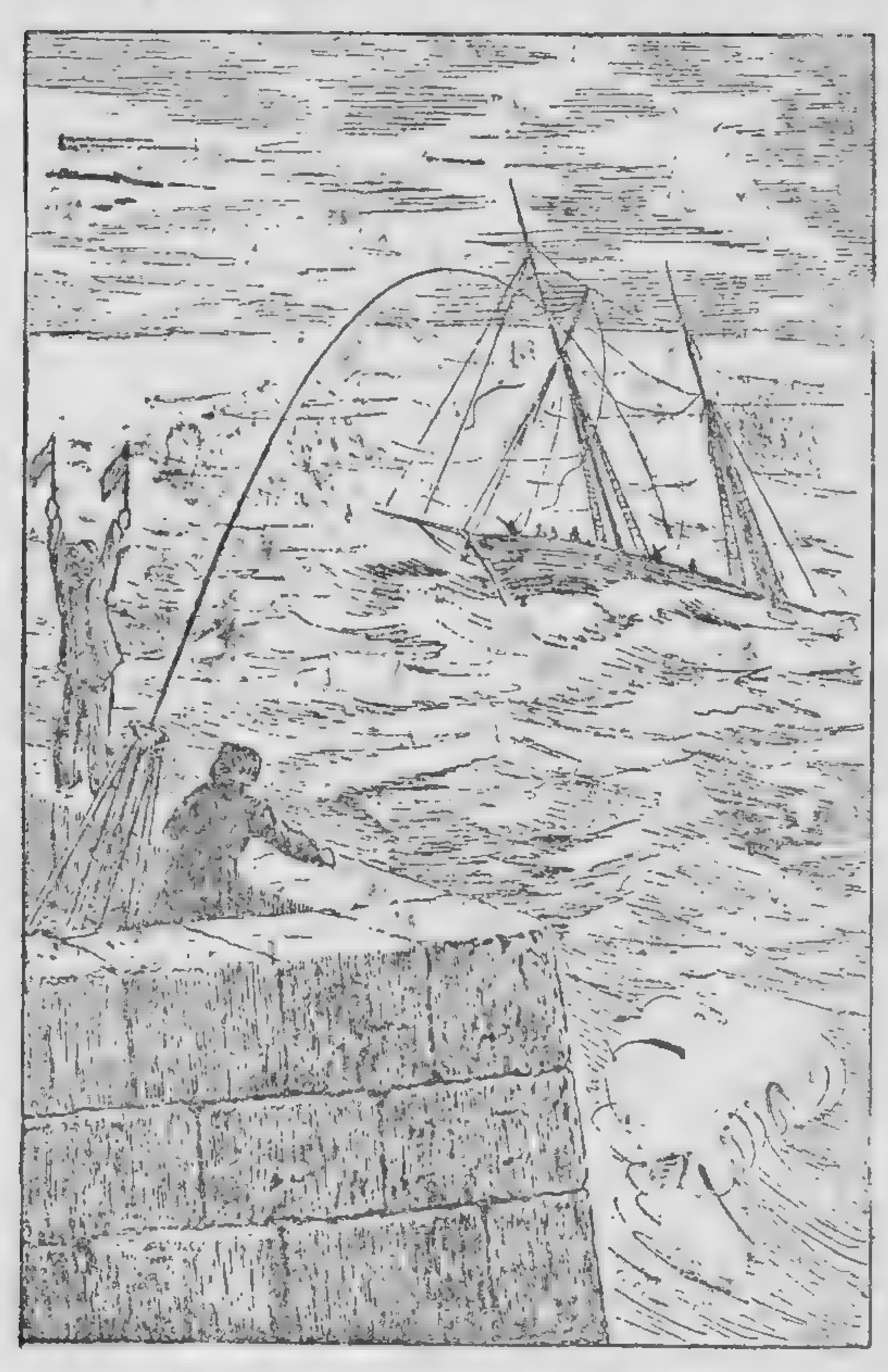
Конгрев, в борьбе с индусами познакомившийся с действием зажигательных ракет, стал вводить их в английской армии. В его руках ракета превратилась в грозное оружие, способное по разрушительному действию соперничать с артиллерией. Уже первые ракеты Конгрева (в 1805 г.) имели дальность переброски около 2½ *км*. При дальнейшем усовершенствовании Конгрев добивался увеличения не столько дальности действия ракет, сколько их грузоподъемности. В 1807 г. при осаде Копенгагена он засыпал город 40 тысячами зажигательных ракет весом 24 фунта, 32 фунта и даже 48 фунтов. Пример английской армии не остался без подражания, и вскоре большинство европейских государств ввело в своих войсках зажигательные ракеты. Распространению этого рода оружия способствовало появление печатного труда Конгрева, где убедительно выяснены ценные преимущества ракетного оружия в смысле дешевизны и удобства перевозки, особенно по сравнению с артиллерией.

Между прочим, Конгрев утверждает в своем сочинении, что при лабораторных опытах он изготовлял ракеты весом в 300 фунтов (130 *кг*) и что вполне осуществимы ракеты весом в 1000 фунтов (440 *кг*). Его военные ракеты обычного типа весили 32 фунта (14 *кг*) и перекидывали зажигательный снаряд в 3½ *кг* на 2700 *м*, а в 12 *кг* на 1800 *м*; калибр ракеты Конгрева — от 5 до 12 *см*.

В эпоху наполеоновских войн ракеты нашли себе новое боевое применение: их употребляли для переброски разрывных снарядов. Ракетная артиллерия продолжала развиваться до середины прошлого века, пока не была оттеснена на второй план значительными успехами артиллерии орудийной. Каким внушительным оружием была в то время ракетная граната, можно судить по тому, что употреблялись ракеты в 20 *кг* весом, несшие бомбу в 60 *кг* и перебрасывавшие ее почти на три километра; калибр этих ракет был



28. Действие ракетной гранаты на туркестанскую конницу в эпоху средне-азиатских походов царской армии.



29. Применение спасательной ракеты.

12 *см.** Следующие государства имели в составе армии специальные ракетные отряды, метательные орудия, лаборатории и т. п.: Англия, Пруссия, Польша, Россия, Голландия, Швейцария, Греция, Сардиния, Франция, Испания, Австрия, Италия, Сицилия. Во второй половине прошлого века все страны одна за другой отказались от услуг ракетной артиллерии: Австрия — в 1867 г., Германия — в 1872 г. (в франко-прусскую войну ракетные бомбы не находили себе применения). Позже всего — до 1885 г. — удержался этот род оружия в английских колониальных войсках, действовавших в трудно доступных местах, куда невозможно было доставить тяжеловесные пушки.

Ракетной артиллерией снабжалась и русская армия в эпоху завоевания Туркестана. «При походах в Туркестан пользовались ракетами, снабженными гранатой, взамен артиллерии. Своим огненным хвостом, шумом и разрывом снаряда при падении они производили очень сильное впечатление на туркестанскую кавалерию» (Нилус и Маркевич, «Курс артиллерии»).

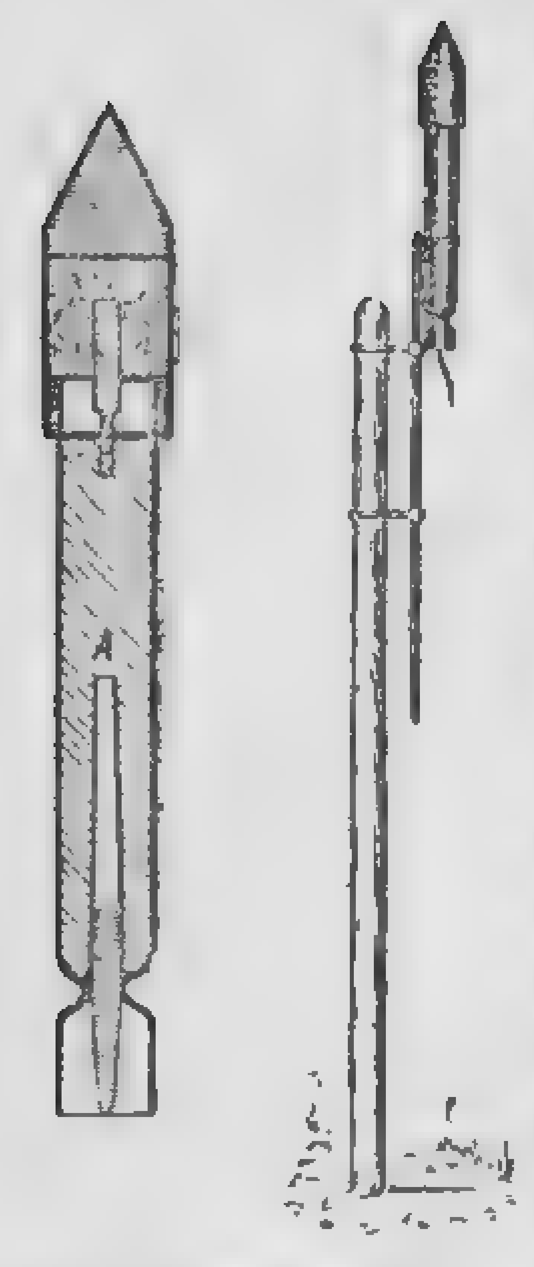
Особого внимания заслуживает изобретение в 1846 г. в Америке ракет, вращающихся вокруг продольной оси и тем приобретающих большую устойчивость в полете. Вращение порождалось тем, что вытекающие газы приводили в движение небольшой пропеллер, прикрепленный к ракете. Это усовершенствование нашло себе применение в австрийской ракетной артиллерии.

С 30-х годов прошлого века крупная ракета получает и мирное применение — прежде всего в деле оказания помощи экипажу тонущего судна. Спасательная ракета, пущенная с берега, переносит на судно конец троса, посред-

---

* Кибальчич упоминает о ракетах, могущих поднимать до 5 пудов разрывного снаряда.

ством которого устраивается подвесная дорога для сообщения с берегом. Ракета калибром в 8 *см*, длиною 35 *см*, с зарядом в 3 *кг*, перебрасывает на 400 *м* многожильный трос, весящий 16 *кг*.



30. Противоградовая ракета: слева — в разрезе, справа — установленная для пуска.

Все страны снабжались спасательными ракетами немецкого производства (лаборатория в Шпандау).

До сих пор речь шла исключительно о ракетах, заряженных прессованным черным порохом. Но имеются предшественники и у ракеты с зарядом из жидких горючих веществ. Такова ракета перуанского изобретателя Педро Полета, работавшая на бензине с азотным ангидридом (в качестве источника кислорода). Производя опыты со своей ракетой, изобретатель не пускал ее в свободный полет, а заставлял действовать на пружинный динамометр, измеряя таким образом ее подъемную силу. К сожалению, это ценное изобретение в свое время осталось неизвестным и не дало непосредственного толчка другим работникам ракетного дела.

XX век принес ракете, между прочим, неожиданную область применения — в качестве средства защиты от града. Градорассеивающие ракеты (рис. 30) широко употребляются в Швейцарии, которая обязана им, говорят, понижением убытков от градобития. Если при выпадении первых градин пустить вверх ракету, то на площади в квадратный километр выпадают, вместо града, рыхлые снежные хлопья, которые после второй или третьей ракеты сменяются дождем. В окружающей местности в то же время

идет град. Употребляемые для этого ракеты не принадлежат к крупным: их калибр всего 3—4 *см*, длина 25—35 *см*. Обычно это картонные гильзы, наподобие пиротехнических. Самый же механизм воздействия ракет на ход метеорологического явления до сих пор не раскрыт и представляется загадочным: слишком велико несоответствие между запасом энергии, освобождаемой при горении ракеты, и тем количеством, какое требуется для растопления града на значительном пространстве.*

Из других мирных применений ракет в XX веке упомянем о перекидывании шнура через трудно проходимые реки, ущелья, пропасти, для установления связи с противоположной стороной; о таком же приеме установления сношений с местностями, отрезанными от прочего мира наводнением или другими стихийными бедствиями; о перебрасывании небольшого якоря с судна через полосу бурного прибоя и т. п.

На ряду с этим, в XX веке вновь расширилось и военное применение ракет. В 1906—1908 г. немецким инженером Маулем изобретена была для военных надобностей фотографическая ракета: фотоаппарат поднимается ракетой на высоту нескольких сот метров, откуда автоматически снимает местность.** Ракета крупного калибра возносила камеру размером 20 × 25 *см* (при фокусном расстоянии 28 *см*) на высоту 800 *м*; с подобного возвышения открывается на ровной местности кругозор с радиусом в сотню километров. Попутно тот же изобретатель производил —

---

* Хотя употребление противоградовых ракет широко практикуется в Швейцарии и в некоторых местностях Кавказа, пользу их нельзя считать бесспорно доказанной. Специальное опытное исследование вопроса, предпринятое в ряде кантонов Швейцарии втечение 1928 и 1929 гг., не дало решающих результатов; польза ракет, во всяком случае, не обнаружилась с достаточной определенностью (что, возможно, обусловливалось недостатками самой постановки опытов).

** См. статью А. Мауля в «Technik fur Alle» за 1915—1916 г.

позидимому, впервые в истории ракеты — опыты подъема помощью ракет живых существ: мышей, морских свинок и других мелких животных; четвероногие пассажиры находились в клетке, которая прикреплялась к ракете взамен фотоаппарата. Животные благополучно возвращались на землю — факт весьма поучительный, так как ускорение при пуске пороховых ракет довольно велико, в десятки раз больше привычного нам ускорения тяжести. *

Опыты с фоторакетами были, однако, вскоре прекращены, так как развитие аэрофотосъемки сделало применение ракет для этой цели излишним.

Одновременно с сейчас упомянутыми работами инж. Мауля велись в Германии на полигоне Круппа опыты полковника Унге с ракетными торпедами. Имелось в виду изобретение нового военного оружия, которое сделало бы излишними тяжеловесные пушки. Унге удалось изготовить модель, которая при 60 *кг* общего веса несла 40-килограммовую гранату и перебрасывала ее на расстояние 5—8 *км*. Такая ракета пускалась с особого лафета и получала устойчивость в полете благодаря вращению около продольной оси (помощью пропеллера, приводимого в действие вытекающей из ракеты струей газов). Однако добиться удовлетворительной меткости попадания Унге не мог, и опыты его были прекращены.

Незадолго до войны подобные же опыты делались и с подводными торпедами (ракета хорошо горит под водою). Торпеды этого рода, осуществляя старинный проект де-Фонтана, показали хорошую скорость, бо́льшую чем обычные торпеды, приводимые в действие сжатым воздухом. Но недостаточная меткость решила судьбу изобре-

---

* Наблюдение это находится в согласии с опытами над мелкими животными, еще ранее произведенными К. Э. Циолковским помощью центробежной машины, а позднее проф. Н. А. Рыниным и др. в Ленинграде (1930 г.).



31. Перекидывание шнура через ущелье при помощи ракеты.

тения. В разразившуюся вскоре затем войну 1914—1918 гг. ракета существенной роли как боевое оружие не играла.

После войны наибольших успехов в изготовлении пороховых ракет высокого подъема достигли немецкие конструкторы — инж. Зандер, Поггензе и Тиллинг. (Особняком стоят чрезвычайно важные экспериментальные исследования американского физика, проф. Годдарда, о которых мы будем говорить в другом месте.)

Об опытах инж. Зандера мы уже упоминали в предыдущей главе. Ракета Поггензе (1931 г.) при весе 13 *кг* имела в длину 3½ *м* и несла с собою метеорологические приборы-самописцы, а также фотоаппарат и измеритель ускорения. Приборы были скреплены с парашютом, который при испытании ракеты автоматически раскрывался в высшей точке подъема и благополучно доставлял свой груз на землю.

Инж. Тиллинг при своих опытах в конце 1931 г. пускал ракеты 6½ *кг* весом на высоту 8 *км*; длина ракет 190 *см*, диаметр 6,5 *см*. Они переносились на расстояние 18 *км*. Он проектировал пуск ракет, снабженных гироскопическими стабилизаторами, на высоту 10—15 *км* для исследования стратосферы. Им же был намечен план переброски почты с материка на близлежащие острова помощью пороховых ракет его конструкции.

Этим планам не суждено было осуществиться: в октябре 1933 г. талантливый инженер погиб при взрыве своей лаборатории.

Последней новинкой в применении пороховых ракет является использование их для почтовых надобностей. Пока это осуществлено, сколько известно, только в одном пункте Австрии, там, где гористая местность делает невозможным пользование аэропланом, а доставка почты наземным транспортом крайне медленна из-за бездорожья. Поч-

товую кладь (примерно из сотни отправлений) заделывают внутрь ракеты, заботясь, конечно, чтобы корреспонденция не пострадала при горении заряда. Такую почтовую ракету пускают в сторону ближайшего почтового отделения, в нескольких километрах от пункта отправления. Дело налажено так хорошо, что почта берет даже заказные и служебные письма. Размеры ракеты: 25 *см* в диаметре и почти в рост человека в длину. Вес — 30 *кг*, из которых 24 *кг* приходятся на заряд (порох особого состава, являющегося секретом изобретателя этих ракет, инж. Шмидля).

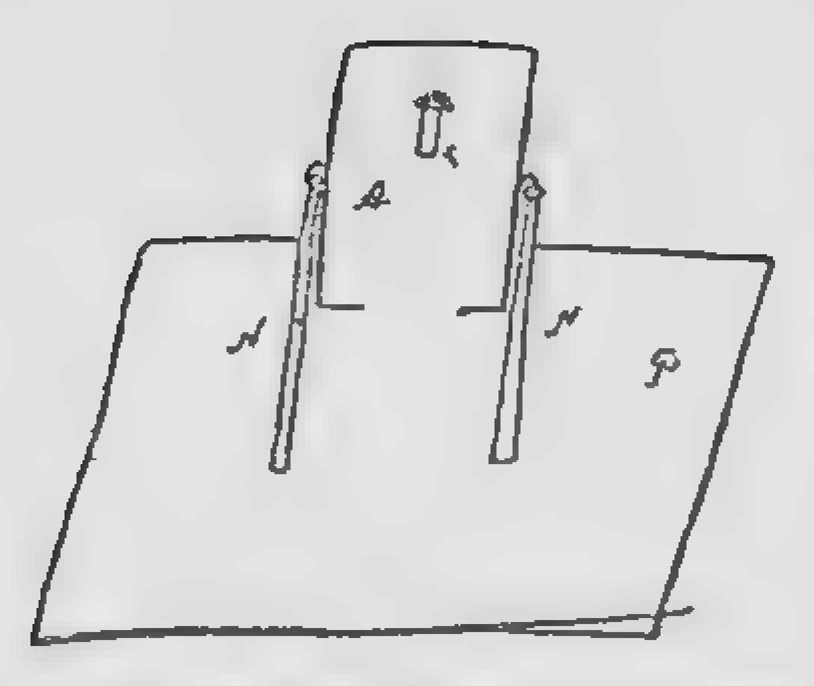
Очерк истории пороховой ракеты был бы не полон, если бы мы не остановились подробнее на проекте использования пороховой ракеты в качестве двигателя для летательного аппарата, — проекте Н. И. Кибальчича, вскользь упомянутом ранее. Этот важнейший эпизод в истории развития идеи ракетного летания может считаться исходным пунктом звездоплавания и потому заслуживает более подробного рассмотрения.

11.

ЛЕТАТЕЛЬНАЯ МАШИНА КИБАЛЬЧИЧА.

Мысль о летательной машине занимала Кибальчича еще в то время, когда он жил и работал на свободе. Воздухоплавание в то время было в жалком состоянии. Люди умели подниматься над землей на воздушных шарах, но становились в воздухе игрушкой стихии; управляемых воздушных кораблей еще не существовало, и шар несло в ту сторону, куда дул ветер. Кибальчич мечтал о полном покорении воздуха, когда человек сможет совершать свой полет в желаемом направлении.

«Какая сила должна быть употреблена, чтобы привести в движение такую машину? — размышлял Кибальчич. —



32. Набросок проекта летательной машины Кибальчича, устроенной по принципу ракеты.

Сила пара здесь непригодна... Паровая машина громоздка сама по себе и требует много угольного нагревания для приведения в действие. Какие бы приспособления ни были приделаны к паровой машине— вроде крыльев, подъемных винтов (пропеллеров) и пр., паровая машина не в состоянии будет поднять самое себя на воздух».

Напомним, что двигателей внутреннего горения, разрешивших впоследствии проблему авиации, в те годы еще не существовало. Вот почему от паровой машины мысль революционера-изобретателя обратилась сразу к электродвигателю:

«В электродвигателях гораздо бо́льшая доля переданной энергии утилизируется в виде работы, но для большого электродвигателя нужна опять-таки паровая машина. Положим, что паровая и электродвигательная машины могут быть установлены на земле, а гальванический ток может по проволокам, наподобие телеграфных, передаваться воздухоплавательному прибору, который, скользя, так сказать, особой металлической частью по проволокам, получает ту силу, которою можно привести в движение крылья или другие подобные приспособления снаряда. Подобное устройство летательного снаряда во всяком случае было бы неудобно, дорого и не представляло бы никаких преимуществ перед движением по рельсам».

Не может ли однако человек обойтись совсем без механических источников энергии, а летать силою своих мускулов, как ездит велосипедист? Мысль Кибальчича работала

Зовут меня	***Николай Иванович Кибальчич***
От роду имею	*27 лет*
Вероисповедания	*православного*
Происхождение и народность	*сын священника, русский*
Звание	*был студентом института инженеров путей сообщения*
Место рождения и место постоянного жительства	*в Черниговской губернии, Кролевецкого уезда, заштатном городе Короп*
Занятие	*литературный труд*
Средства к жизни	*заработки от литературного труда*
Семейное положение	*холост, имею двух родных братьев и двух сестер*
Экономическое положение родителей	*родителей нет в живых*
Место воспитания и на чей счет воспитывался	*сначала в институте инженеров путей сообщения, а затем в медико-хирургической академии, на собственный счет*
Причина неокончания курса в случае выхода из заведения с указанием самого заведения	*из медико-хирургической академии вышел в 1875 г. вследствие привлечения меня по политическому делу, а из института, в котором пробыл с 1871 по 1873 год, перешел в академию, пожелав переменить специальность*
Был ли за границей, где и когда именно	*не был*

Биографические сведения о Н. И. Кибальчиче.
(Из показаний Кибальчича 20 марта 1881 г.).

и в этом направлении. Ему было известно, что «многие изобретатели основывают движение воздухоплавательных снарядов на мускульной силе человека. Беря типом устройства своих проектируемых машин птицу, они думают, что можно устроить такие приспособления, которые, будучи приведены в движение собственной силой воздухоплавателя, позволят ему подниматься и летать по воздуху. Я думаю, что если и возможно устроить такого типа летательное приспособление, то оно все-таки будет иметь характер игрушки и серьезного значения иметь не может».

«Какая же сила применима к воздухоплаванию?» — снова и снова задавал себе вопрос Кибальчич и, наконец, напал на мысль, которая представлялась ему единственным решением задачи. Порох! Сила взрывчатых веществ. «Никакие другие вещества в природе не обладают способностью развивать в короткий промежуток времени столько энергии, как взрывчатые».

С действием этих веществ Кибальчич был знаком прекрасно. Еще до вступления в партию Народной Воли (1879 г.) он, предвидя, что партии в ее террористической борьбе придется прибегнуть к таким веществам, как динамит, решил изучить приготовление и употребление этих веществ. «С этой целью, — писал он в своих показаниях, — я предварительно занимался практически химией, а затем перечитал по литературе взрывчатых веществ все, что мог достать. После этого я у себя в комнате добыл небольшое количество нитроглицерина и таким образом практически доказал возможность приготовлять нитроглицерин и динамит собственными средствами». Кибальчич изобрел и сам изготовил те бомбы, которые были брошены под карету Александра II. Для этого ему «приходилось придумывать много новых, нигде не употреблявшихся приспособлений». Принимал он деятельное участие и в под-

готовке подкопа на Садовой улице, где должен был проехать царь. Он рассчитал, «какое количество динамита необходимо для того, чтобы взрыв, во-первых, достиг цели, а во-вторых — не причинил вреда лицам, случившимся на тротуаре при проезде государя, а также прилежащим домам».

«Но каким образом, — спрашивал Кибальчич, — можно применить энергию газов, образующихся при воспламенении взрывчатых веществ, к какой-либо продолжительной работе? Это возможно только под тем условием, если та громадная энергия, которая образуется при горении взрывчатых веществ, будет образовываться не сразу, а втечение более или менее продолжительного промежутка времени». При таких условиях работает прессованный порох в ракетах. Кибальчич ясно представлял себе причину полета ракеты — гораздо лучше, чем некоторые специалисты нашего времени, наивно полагающие, будто ракета струей вытекающих из нее газов отталкивается от окружающего воздуха. Он понимал, что окружающая среда только задерживает полет ракеты, движущей же силой являются газы, напирающие на ракету изнутри.

Размышляя в этом направлении, Кибальчич пришел к идее реактивного самолета, т. е. летательной машины, устроенной по принципу ракеты. Надо было разработать эту мысль, изложить ее в виде проекта и опубликовать. Но революционная деятельность настолько поглотила все силы Кибальчича, что для подобной ракеты у него не нашлось времени. Наступило событие 1 марта: царь убит бомбой Кибальчича, сам Кибальчич схвачен и заключен в Петропавловскоую крепость; его ожидает смертная казнь. Чем же занят революционер в последние дни своей жизни?

«Когда я явился к Кибальчичу как назначенный ему защитник, — рассказывал суду В. Н. Герард, — меня прежде всего поразило, что он был занят совершенно иным делом,

ничуть не касающимся настоящего процесса. Он был погружен в изыскание, которое он делал о каком-то воздухоплавательном снаряде; он жаждал, чтобы ему дали возможность написать свои математические изыскания об этом изобретении. Он их написал и представил по начальству».

Этот замечательный документ сохранился до наших дней. Он озаглавлен автором так:

«Проект воздухоплавательного прибора бывшего студента Института инженеров путей сообщения Николая Ивановича Кибальчича, члена русской социально-революционной партии».

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект, — такими словами начинается техническое завещание Кибальчича. — Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении.

«Если моя идея после тщательного обсуждения учеными-специалистами будет признана осуществимой, то я буду счастлив тем, что окажу громадную услугу родине и человечеству. Я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мною, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своею жизнью.

«Вот схематическое описание моего прибора. В цилиндре A, имеющем в нижнем дне отверстие C, устанавливается по оси пороховая свечка K (так буду я называть цилиндрики из прессованного пороха). Цилиндр A посредством стоек NN прикреплен к средней части платформы P, на которой должен стоять воздухоплаватель. Для зажигания пороховой свечки, а также для устанавливания новой свечки на место сгоревшей, должны быть придуманы особые автоматические механизмы... Все это легко может быть разрешено современной техникой.

«Представим теперь, что свеча *K* зажжена. Через очень короткий промежуток времени цилиндр *A* наполняется горячими газами, часть которых давит на верхнее дно цилиндра, и если это давление превосходит вес цилиндра, платформы и воздухоплавателя, то прибор должен подняться вверх... Давлением газов прибор должен подняться очень высоко, если величина давления газов на верхнее дно будет все время поднятия превышать тяжесть прибора.

«Таким путем воздухоплавательный прибор может быть поставлен по отношению к воздушной среде в таком же положении, как неподвижно стоящее судно по отношению к воде. Каким же образом можно двинуть теперь наш аппарат в желаемом направлении? Для этого можно предложить два способа. Можно употребить второй подобный же цилиндр, установленный только горизонтально и с обращенным не вниз, а в сторону отверстием в дне. Для того же, чтобы горизонтальный цилиндр можно было устанавливать в каком угодно направлении, он должен иметь движение в горизонтальной плоскости. Для определения направления может служить компас. Но можно ограничиться и одним цилиндром, если устроить его таким образом, чтобы он мог быть наклоняем в вертикальной плоскости, а также мог бы иметь конусообразное движение. Наклонением цилиндра достигается вместе и поддерживание аппарата в воздухе и движение в горизонтальном направлении».

Этот проект революционера-изобретателя постигла трагическая судьба. Кибальчич просил представить его на суд специалистов, и ему это было обещано. С нетерпением ждал приговоренный к смерти суждения о ценности его заветной мысли. Близился день казни, а ответа не было. За два дня до казни Кибальчич подал министру внутренних дел следующее прошение: «По распоряжению вашего сиятельства мой проект воздухоплавательного аппарата

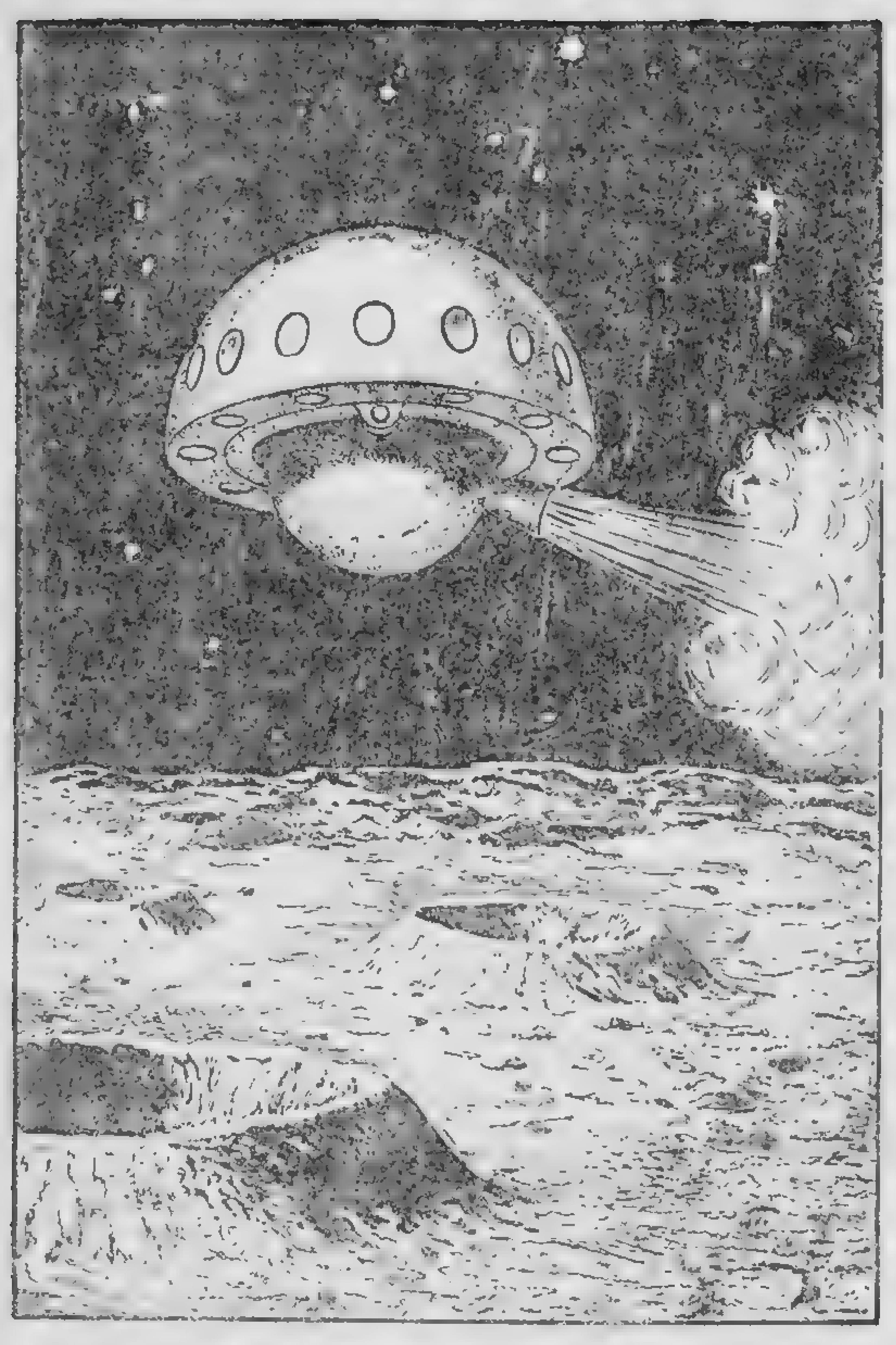
передан на рассмотрение технического комитета. Не можете ли вы, ваше сиятельство, сделать распоряжение о дозволении мне иметь свидание с кем-либо из членов комитета по поводу этого проекта не позже завтрашнего утра или по крайней мере получить письменный ответ экспертизы, рассматривавшей мой проект, тоже не позже завтрашнего дня».

Ответа не последовало. Кибальчич был обманут: его проект никуда дальше департамента полиции не пошел и никем не рассматривался. Чья-то властная, но черствая рука написала на его предсмертном завещании следующую резолюцию:

«Давать это на рассмотрение ученых теперь едва ли будет своевременно и может вызвать только неуместные толки».

Чиновники поступили с проектом по-чиновничьи: запечатали в конверт, подшили к делу и похоронили в архиве. Нужды нет, что этим обрекалась на забвение замечательная техническая идея, одна из самых смелых, какие когда-либо были высказаны. 36 лет оставалась она неизвестной всему миру, пока революция 1917 года не сняла запоров с дверей полицейского архива. Только тогда дошла до нас заветная мысль Кибальчича.

На языке техники наших дней изобретение Кибальчича должно быть названо не воздухоплавательным прибором, не самолетом, а звездолетом, потому что этот аппарат мог бы двигаться и в абсолютной пустоте межзвездных пространств. Кибальчич не подчеркивает этого обстоятельства, являющегося на наш взгляд наиболее замечательной особенностью его изобретения. Не отмечает он этого вероятно потому, что в его эпоху, когда люди не умели еще хорошо летать в атмосфере, несвоевременно было думать о полетах за ее пределами. Но по существу это был первый шаг в истории звездоплавания.



33. Межпланетный перелет на ракетной летательной машине Кибальчича (фантастический рисунок).

На этом заканчивается очерк истории пороховой ракеты. Прежде чем перейти к обозрению современного состояния ракетного дела, необходимо познакомить читателя с механикой ракеты, с условиями ее движения и с вытекающими из них перспективами звездоплавания.

12.

ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ РАКЕТЫ.

Ракета движется энергией, развивающейся при горении ее заряда; однако связь между энергией заряда и энергией движения в этом случае непохожа на ту, какую мы наблюдаем в тепловых машинах или в огнестрельном оружии. Вообще ракета — прибор весьма своеобразный. Механика ее разработана слишком недавно, и оттого о полете ракет существует много превратных представлений. Даже иные специалисты ракетного производства высказывают зачастую о ракетах ошибочные суждения. Несколько лет назад (в 1928 г.) директор известной ракетной лаборатории в Шпандау (Германия) поместил в научном журнале статью, где высказал, между прочим, сомнение в том, чтобы ракета могла работать в безвоздушном пространстве! Между тем, еще за десять лет до того американский физик проф. Годдард на опыте рассеял все сомнения на этот счет, доказав, что ракета летит в пустоте даже лучше, чем в воздухе.

Поучительна другая ошибка того же немецкого специалиста: он утверждает, что по окончании горения своего заряда ракета не может получить скорости большей, чем отбрасываемые ею продукты горения. Это верно для огнестрельного оружия (вспомните сказанное в начале главы 7), но совершенно ошибочно для ракеты: мы увидим далее, что ракета может приобрести скорость, во много раз

бо́льшую той, какую имеют продукты ее горения; в этом особенность и преимущество ракеты, и только благодаря этому ракета призвана осуществить со временем межпланетные перелеты.

Чтобы правильно разбираться в вопросах звездоплавания, необходимо вооружиться знанием существенных особенностей ракеты. Познакомимся же ближе с условиями ее полета.

Источником, из которого ракета заимствует энергию своего движения, могут быть не только вещества взрывчатые, но и горючие. Вероятно, не всем известно, чем отличаются друг от друга эти два рода веществ. Взрывчатыми называют вещества, которые содержат необходимый для горения кислород в своем составе; вещества же, называемые горючими, черпают кислород для горения извне. Примером веществ взрывчатых может служить порох; примером горючих — нефть. Впрочем это деление не безусловно; провести резкую границу между веществами обоего рода нельзя. Одно и то же вещество можно причислять то к взрывчатым, то к горючим, в зависимости от условий его сжигания. Бензин, например, когда он горит открыто в воздухе, — горючее; но если превратить его в газ и смешать с воздухом, он становится сильно взрывчатым веществом.

Возвращаясь к ракете, мы должны сказать, что для ее полета необходимо следующее: в ней что-то должно гореть или взрываться, а газообразные продукты горения или взрыва должны вытекать из ее трубки по одному направлению. Кто правильно представляет себе причину полета ракеты (см. гл. 8), тому должно быть ясно, что ракета летит тем быстрее, чем больше скорость струи вытекающих газов. Отсюда вывод: для заряда ракеты выгодно брать такое вещество, которое, сгорая, сообщает продуктам горения возможно бо́льшую скорость.

Мы имеем, следовательно, один из существенных при-

знаков для оценки пригодности того или иного вещества в качестве заряда для ракеты. Скорость вытекания продуктов горения в значительной мере зависит, конечно, от формы сопла, — но существует предел (и его можно вычислить), которого эта скорость ни при каких условиях не может превзойти. Мы выполняли ранее (гл. 7) подобный расчет, когда устанавливали высший предел скорости артиллерийского снаряда. Сейчас понадобится сделать такое же вычисление. Легко понять, что предельная скорость отброса будет та, какую приобрел бы вытекающий газ, если бы запас энергии заряда полностью преобразовался в живую силу движения газа. Для черного пороха нами была уже определена эта так называемая «идеальная» скорость; она равна 2400 *м/сек.*: газы, вырывающиеся из трубки ракеты, которая заряжена черным порохом, не могут двигаться (по отношению к ней) быстрее, чем с указанной скоростью. Для других сортов пороха получаются иные идеальные скорости: для пироксилинового ружейного — 2700 *м/сек.*, для пироксилина — 2900 *м/сек.* и т. п.

При виде того, как щепотка пороха, взрываясь, превращает безобидный кусочек свинца в стремительно летящее смертоносное оружие, нам естественно представляется, что порох заключает в себе огромный запас энергии. Мы склонны думать, что в грамме пороха скрывается несравненно больше энергии, чем в грамме угля, бензина или нефти. Для многих поэтому должно звучать совершенно неправдоподобно утверждение, что такая уверенность ошибочна и что дело в действительности обстоит как раз наоборот. Не только керосин или бензин, но даже осиновые дрова, — к которым мы относимся так презрительно, запасая топливо для наших квартир, — содержат энергии больше, нежели порох. Загляните в технический справочник, и вы узнаете, что грамм керосина или бензина, сгорая полностью, развивает около 10 000 тепловых единиц (ма-

лых калорий), грамм каменного угля — до 7000, древесины — до 4000; порох же, взятый в том же количестве, дает всего лишь 800 тепловых единиц! Даже если принять в расчет, что порох при горении не заимствует кислорода извне, промышленное же горючее нуждается во внешнем кислороде и что, следовательно, приведенные сейчас числа для керосина, бензина и угля должны быть несколько уменьшены, — все же преимущество остается на стороне невзрывчатых веществ. Топить комнатные печи или паровозы порохом было бы безусловно невыгодно.

Легко представляю себе недоумение читателя: если дело обстоит так, то почему ружья и пушки заряжают порохом, а не керосином, не кусочками дерева? На этот вопрос надо ответить, что если бы керосин или дерево горели столь же быстро, как порох, то конечно огнестрельное оружие следовало бы заряжать керосином или деревом. Для винтовки или пушки быстрота сгорания заряда имеет первостепенное значение. Нетрудно сообразить, почему. Ведь пуля или снаряд скользят в стволе ружья или в канале пушки ничтожный промежуток времени, несколько сотых долей секунды. Втечение этого краткого промежутка заряд должен передать пуле (или снаряду) возможно больше энергии, — потому что после выхода снаряда из канала давление пороховых газов не влияет больше на ее скорость. Теперь понятно, что медленно горящий керосин успел бы передать пуле лишь незначительную долю из своего богатого источника энергии — гораздо меньше, чем сгорающий быстро, в тысячную долю секунды, порох передает из своего скудного запаса.

Совсем иные условия имеем мы в ракете. В то время как для огнестрельного оружия быстрота горения очень важна, для ракеты она не только не нужна, но напротив — даже вредна. Если мы желаем со временем превратить ракету в корабль для межпланетных перелетов, то должны до-

биться медленного и плавного нарастания ее скорости, — иначе пассажиры ракетного корабля будут раздавлены при отправлении в путь. А постепенное нарастание скорости ракеты возможно лишь при медленном горении ее заряда.

После сказанного не остается сомнений, какому роду веществ нужно отдать предпочтение при выборе заряда для будущего ракетного корабля. Ракета должна порвать свою давнюю связь с порохом и перестроиться на промышленное горючее. В состав заряда будущей ракеты должна входить, во-первых, какая-нибудь горючая *жидкость* (потому что для твердых горючих понадобилось бы слишком сложное устройство, а для газообразных — чрезмерно большой собственный вес баллона) и во-вторых — кислород или такое химическое соединение, которое способно его выделить. Окислитель должен также быть в жидком состоянии для удобного подведения его в камеру сгорания; всего лучше будет пользоваться сжиженным кислородом, но можно пустить в дело и такие жидкости, как азотная кислота * или другие соединения азота с кислородом.

Читатель, быть может, желал бы знать, как велика для различных горючих веществ та идеальная скорость вытекания продуктов их горения, о которой упоминалось выше. Приведем поэтому несколько относящихся сюда чисел, сопоставляя их с соответствующими числами для веществ взрывчатых.

Горючие вещества		*Взрывчатые вещества*	
Водород	5200 м/сек	Порох охотничий	2600 м/сек
Алкоголь	4200 »	» пироксилиновый	2700 »
Бензин	4400 »	Пироксилин	2900 »
Керосин	4200 »	Аммонал	3500 »

Таблица естественно внушает мысль, что выгоднейшим

* Азотная кислота содействует горению: известно, что в азотной кислоте тлеющий уголь горит, а скипидар воспламеняется.

горючим для ракетного корабля является жидкий водород. Однако это не совсем так. Не говоря уже о том, что сжиженный водород имеет чрезвычайно низкую температуру и, кроме того, весьма дорог, он отличается еще чрезвычайной легкостью. Он в 14 раз легче воды; это значит, что килограмм его занимает в объеме 14 литров. Для вмещения определенного весового количества такой жидкости требуется непомерно большой резервуар. Ракетный корабль с водородом в качестве горючего окажется поэтому очень тяжел и объемист; значит, помимо того, что ему придется нести большой мертвый груз, он будет обладать небольшой «поперечной нагрузкой», т. е. будет мало способен преодолевать сопротивление атмосферы. По этим соображениям надо при проектировании жидкостных ракет отказаться от водорода и иметь в виду другие роды жидкого горючего с жидким окислителем.*

Вопросы, так или иначе связанные с горючим для ракет, далеко не исчерпаны тем, что было сказано в этой главе. Кто будет иметь дело с сооружением крупных ракет, тому придется столкнуться с длинным рядом технических трудностей. Ему нужно будет подумать о подаче горючего и окислителя, об устройстве камеры сгорания, о нагревании ее стенок и об их искусственном охлаждении, о подготовке смеси для сгорания, о форме баков для горючего и окислителя, о сопле, о системе зажигания и управления и т. п. Моя книга не ставит себе задачей рассмотрение техники сооружения ракет; в ней выясняется только физическая сторона дела, освещаются лишь вопросы принципиальные. Интересующиеся техническими подробностями должны будут обратиться к другим сочинениям, из которых я особенно рекомендовал бы весьма содержательную,

---

* Отмечу между прочим, что в Германии недавно (1935) пущен в эксплоатацию первый 100-сильный двигатель внутреннего сгорания, использующий в качестве горючего водород.

несмотря на небольшой объем, книжечку советского изобретателя жидкостной ракеты, инж. М. К. Тихонравова «Ракетная техника» (1935; стр. 77), а также книгу инж. Н. П. Королева «Ракетный полет в стратосфере» (1934; стр. 110) и Г. Лангемака и В. Глушко «Ракеты» (1935; стр. 120).

13.

МЕХАНИКА ПОЛЕТА РАКЕТЫ.

Мы подошли к другой стороне механики ракеты: к вопросу о том, от каких обстоятельств зависит окончательная скорость ракеты и — что́ не менее важно уяснить себе — от каких обстоятельств она не зависит. Теоретический вывод этих соотношений дан в конце книги. Здесь приводим лишь окончательный результат.

Математический анализ устанавливает, что в среде без тяжести (для простоты пока отвлекаемся от тяжести) окончательная скорость, приобретаемая ракетой после горения, зависит только от двух обстоятельств:

1) от той скорости, с какой вытекают из ее сопла газообразные продукты горения;

2) от отношения первоначальной массы ракеты к ее окончательной массе, т. е. отношения массы ракеты до горения к массе ее после горения.

Если первоначальную массу ракеты вместе с запасом горючего обозначим через M_i, а конечную массу, когда заряд выгорит, — через M_k, то скорость, приобретаемая ракетой к концу горения, зависит от величины дроби:

$$\frac{M_i}{M_k}.$$

Ни от каких других причин окончательная скорость ракеты в среде без тяжести не зависит. Это — замечатель-

ный результат. Оказывается, что продолжительность и порядок горения нисколько не влияют на величину приобретаемой ракетой скорости: «Происходит ли горение равномерно или нет, длится ли оно секунды или тысячелетия — это все равно; даже перерывы ничего не значат» (Циолковский). Второй поучительный вывод тот, что скорость ракеты не обусловливается вовсе, как можно было бы ожидать, абсолютным количеством сожженных веществ; она зависит лишь о т о т н о ш е н и я массы этих веществ к массе незаряженной (вернее — разряженной) ракеты. Маленькая ракета, заряженная несколькими граммами горючего, может приобрести такую же окончательную скорость, как и исполинская ракета с зарядом в сотни или тысячи тонн, — если только окончательная масса ракеты в обоих случаях составляет одинаковую долю первоначальной.

Читатель должен также отрешиться от распространенного представления о ракете как об аппарате, отталкивающемся от воздуха. Это странное ходячее мнение потому так живуче, что для поверхностного суждения кажется естественным и бесспорным. Хотя правильный взгляд на механизм полета ракеты установился уже в эпоху Ньютона, заблуждение это владеет большинством умов еще и в наши дни, мешая правильно разбираться в вопросах ракетного летания.

Уместно остановиться здесь и на другом заблуждении более тонкого характера. Против возможности межпланетных перелетов выдвигается нередко следующий довод. На земном шаре не существует такого горючего, энергия которого, превращенная в механическую работу, была бы достаточна для переноса его самого хотя бы на Луну. Килограмм наиболее энергоемкого горючего — смеси водорода с кислородом — развивает не более 2900 × 427, т. е. 1 240 000 *кгм*. Между тем, чтобы удалить 1 *кг* вещества с земной поверхности на расстояние Луны, требуется со-

вершить работу свыше 6 000 000 *кгм*. Отсюда делают поспешный вывод, что горючее, которое не может даже самого себя унести на Луну, тем более бессильно доставить туда еще какой-нибудь груз. Значит, межпланетные путешествия — несбыточная мечта; все стремления ее осуществить обречены на полную неудачу.

Рассуждения подобного рода, хотя и высказываются зачастую сведущими в других отношениях авторами, свидетельствуют о полном незнакомстве с условиями работы ракеты. Забывают, что ракета вовсе не несет с собою запаса горючего на протяжении всего пути. Она сжигает и отбрасывает свое горючее еще вблизи Земли, в первые несколько минут полета; весь же остальной путь ракета летит за счет энергии, запасенной втечение этих немногих минут горения. Кроме того, надо помнить, что межпланетная ракета расходует массу горючего, значительно превосходящую массу полезного груза ракеты.

Обратимся теперь к языку математических формул, чтобы отчетливее охватить условия движения ракеты. Обозначим, как прежде, начальную массу ракеты, т. е. массу ее вместе с зарядом, через M_i; массу ракеты после израсходования заряда, т. е. ее конечную массу — буквою M_k. Скорость, с какою продукты сгорания удаляются от летящей ракеты, обозначим буквою c. Наконец, скорость, приобретаемую самой ракетой по израсходованию запаса горючего (в количестве $M_i - M_k$) обозначим через v.

Между этими четырьмя величинами M_i, M_k, c и v существует зависимость, впервые установленная К. Э. Циолковским; мы вправе называть ее «формулой Циолковского». А именно:

для всякой ракеты, летящей в пустоте и в среде без тяжести, справедливо следующее равенство («уравнение ракеты»):

$$\frac{M_i}{M_k} = 2{,}72^{\frac{v}{c}}.$$

Значение букв, входящих в уравнение ракеты, нам известно. Что же касается числа 2,72, то знакомые с математикой, конечно, узнают в нем основание натуральных логарифмов ($e = 2{,}71828\ldots$).

Рассмотрим несколько следствий из этого уравнения.*

Прежде всего мы видим, что ракета может двигаться во много раз быстрее продуктов сгорания — в противоположность пушечному снаряду, который не может мчаться быстрее, чем толкающие его пороховые газы. Действительно, если мы желаем, чтобы ракета двигалась в 10 раз быстрее вытекающих из нее газов, т. е. чтобы отношение $\frac{v}{c}$ равнялось 10, мы должны положить в формуле ракеты $\frac{v}{c} = 10$; тогда $\frac{M_i}{M_k} = 2{,}72^{10} = 2200$, т. е. заряженная ракета должна быть в 2200 раз тяжелее незаряженной; или, иными словами, заряд должен по весу составлять $\frac{2199}{2200}$-ю долю веса ракеты. Теоретически это возможно, практически же, конечно, неосуществимо. При меньших значениях $\frac{v}{c}$ получаются для $\frac{M_i}{M_k}$ более благоприятные соотношения. Так, если скорость ракеты должна только вдвое превышать скорость вытекающих газов, то отношение

$$\frac{M_i}{M_k} = 2{,}72^2 = 7{,}4.$$

---

* Путем преобразования можно придать предыдущему уравнению и иной вид, а именно:

$$q = M_k\left(2{,}72^{\frac{v}{c}} - 1\right),$$

т. е. масса заряда q равна массе M_k полезного груза, умноженной на выражение в скобках.

Это значит, что вес заряда должен составлять $\frac{64}{74}$, т. е. 87% веса ракеты.

Вот несколько частных случаев.

Отношение $\frac{v}{c}$ скорости ракеты к скорости вытекания газов	1	2	3	4	5	10
Отношение $\frac{M_1}{M_k}$ веса заряженной ракеты к весу незаряженной . . .	2,72	7,4	20,1	54,6	148	2200

Практически итти далеко в смысле увеличения скорости ракеты, как видим, в реальных условиях не удастся: числа второй строки растут чересчур стремительно. Если бы мы пожелали например добиться скорости ракеты в 20 раз большей скорости вытекания газов, нам пришлось бы зарядить ее количеством горючего, которое в 50 миллионов раз больше веса незаряженной ракеты! Напомним, что в цистерне с керосином содержимое только в 13 раз тяжелее тары; даже в пчелиной ячейке мед весит всего в 60 раз больше, чем восковая оболочка. Технике никогда, вероятно, не удастся соорудить ракету, которая в заряженном состоянии превышала бы вес незаряженной ракеты хотя бы только в 100 или даже в 50 раз. Едва ли поэтому придется на практике иметь дело со скоростями ракеты, превышающими скорость продуктов горения более чем в 4 раза. Отсюда понятно, как важно для развития ракетного дела добиться большей скорости вытекания газов. Каждая лишняя сотня метров скорости отброса создает заметную экономию в грузе горючего, который берет с собою ракета.

Еще раз подтверждается необходимость перехода от пороха к горючим жидкостям для достижения значительных скоростей полета. Если для ракет «земного» назначения порох оказывается еще достаточно энергоемким зарядом, то для перелетов космических он уже совсем непригоден. В виде примера сделаем два расчета.

1. Какой заряд пороха необходим ракете, предназначаемой для переброски бомбы в 50 *кг* весом с максимальной скоростью 500 *м/сек*?

Пусть скорость вытекания пороховых газов из дюзы равна 1000 *м/сек*. Если искомый заряд x, то по формуле Циолковского:

$$\frac{M_i}{M_k} = \frac{50 + x}{50} = 2{,}72^{\frac{500}{1000}} = \sqrt{2{,}72} = 1{,}6.$$

Легко вычислить, что $x = 30$ *кг*. При скорости вытекания пороховых газов 2000 *м/сек* достаточен для этого еще меньший заряд — 14 *кг*.

2. Какой заряд необходим для переброски одной тонны полезного груза с Земли на Луну?

Чтобы долететь до Луны с наименьшим расходом горючего, ракета должна быть снабжена запасом энергии, отвечающим скорости 12240 *м/сек* (Приложение 4-е). Возьмем наибольшую скорость вытекания пороховых газов, 2400 *м/сек*, и составим уравнение:

$$\frac{M_i}{M_k} = \frac{x + 1}{1} = 2{,}72^{\frac{12\,240}{2\,400}} = 2{,}72^{5,1} = 160.$$

Отсюда $x = 159$. Заряд должен составлять $\frac{159}{160}$ веса ракеты; на всю долю полезного груза остается 0,6% общего веса. Излишне говорить, что это конструктивно неосуществимо.

Пользуясь же жидким горючим, со скоростью вытекания газов 4000 *м/сек*, мы получаем гораздо более благоприятные соотношения:

$$\frac{x+1}{1}=2{,}72^{\frac{12\,240}{4\,000}}=2{,}72^{3{,}06}=20,$$

откуда $x=19$. Заряд составляет $\frac{19}{20}$ общего веса, и на долю полезного груза приходится уже 5%.

Читателю должна быть понятна теперь та задача, которую поставили перед собой работники звездоплавания на нынешнем этапе его развития: во что бы то ни стало изобрести ракету с жидким зарядом. Будущее имеют только такие ракеты; без них заманчивые цели звездоплавания никогда не будут претворены в действительность. В дальнейших главах мы побеседуем о результатах этих изобретательских стремлений.

Перейдем теперь к следующему пункту механики реактивного движения. Как вычислить силу, с какой продукты горения давят на ракету? Для этого достаточно знать количество ежесекундно потребляемого горючего и скорость вытекания газов. Расчет основан на элементарных положениях динамики. По закону противодействия, количество движения (mc), присущее вытекающим газам, в каждый момент равно количеству движения (Mv) самой ракеты. Последнее же равно импульсу силы, увлекающей ракету ($Ft=Mv$). Значит (считая $t=1$ сек.), имеем, что искомая сила напора на ракету равна

$$F=mc,$$

где m — масса ежесекундно потребляемого горючего, а c — секундная скорость газовой струи. Если, например, ракета сжигает 160 *г* бензина в секунду, а продукты сгорания вы-

текают со скоростью 2000 *м/сек* = 200 000 *см/сек*, то сила напора на ракету (или сила тяги) составляет

$$160 \times 200\,000 = 32\,000\,000 \text{ дин} = \text{около } 32 \text{ кг}.$$

Нам предстоит еще рассмотреть вопрос о влиянии силы тяжести на полет ракеты. До сих пор мы вели расчеты в предположении, что земная тяжесть на ракету не действует. Вспомним однако, что под влиянием земной тяжести все тела близ поверхности Земли падают с секундным ускорением около 10 *м/сек*. Отсюда прямо следует, что если ракета должна в среде без тяжести получить движение отвесно вверх с секундным ускорением 40 *м/сек*, то, взлетая от Земли, она получит ускорение всего в 30 *м/сек*^{2}. Далее, если собственное ускорение ракеты меньше ускорения земной тяжести, то такая ракета вовсе не будет подниматься на Земле, как бы долго ни продолжалось горение и сколько бы горючего ни было израсходовано. Наконец в случае равенства обоих ускорений ракета представляет картину, совершенно необычайную: она неподвижно висит над Землей все время, пока происходит горение, а по окончании его — падает на Землю.

Как видим, быстрота сгорания, обусловливающая нарастание скорости ракеты, определяет в среде тяжести судьбу ракеты; если горение идет слишком медленным темпом, отлет ракеты вовсе не состоится. Математическое рассмотрение вопроса (оно приводится в Приложении 3) показывает, что в условиях тяжести скорость отвесного поднятия ракеты всегда несколько меньшей той, какую получила бы ракета, израсходовав равный запас горючего в среде без тяжести. Чем больше собственное ускорение ракеты по сравнению с ускорением тяжести, тем меньше различие между скоростью ракеты в среде без тяжести и в условиях тяжести. Но так как человеческий организм может безопасно переносить не более чем трехкратное увеличение

земной тяжести, то при отлете с Земли придется практически весьма считаться с этим различием.

Кроме силы тяжести, отлету ракеты с поверхности Земли должна препятствовать и атмосфера. Мы не можем рассматривать в этой книге влияния сопротивления воздуха на движение ракеты — вопрос этот чересчур сложен. Ограничимся указанием на то, что работа преодоления ракетой атмосферного сопротивления гораздо меньше, чем работа преодоления тяжести. При весе ракеты 10 *т*, площади поперечного сечения 4 $м^2$ и ускорении ее движения — 30 $м/сек^2$, давление взрывных газов на нее будет равно 30 *т*; сопротивление же атмосферы, по расчетам К. Э. Циолковского, при хорошо обтекаемой форме ракеты, не будет превышать 100 *кг*. Проф. Оберт, германский теоретик звездоплавания, считает, что скорость ракеты, отсылаемой с Земли в бесконечность, уменьшается сопротивлением атмосферы всего на 200 *м/сек*. Для ракет земного назначения, пролетающих в атмосфере значительную часть пути, величина сопротивления больше, чем для космических. В случае отсылки, например, ракеты на Луну (при выборе наиболее экономного проекта) максимальная скорость достигается на высоте 1700 *км* — далеко за пределами атмосферы. Плотный же слой атмосферы, толщиной 50 *км*, прорезается этой ракетой с довольно умеренной скоростью, которая лишь на уровне 50 *км* достигает 1,7 *км/сек* — величины порядка скорости снаряда сверхдальнобойной артиллерии. Следовательно, нет места тем опасениям, которые нередко высказываются противниками звездоплавания — что ракета не в силах пробить воздушный панцырь нашей планеты. Точно так же и при возвращении из космического перелета снова на Землю ракета вступит в плотную часть нашей атмосферы вовсе не со скоростью, близкой к скорости метеоров.

Присутствие атмосферы, — отметим кстати, — не только

не является препятствием к осуществлению межпланетных перелетов, но, напротив, должно быть рассматриваемо как фактор, без которого они едва ли могли бы быть когда-нибудь реализованы. В самом деле: если атмосфера несколько увеличивает расход горючего при отлете с Земли, то зато она же создает огромную экономию горючего при возвращении ракеты из межпланетного рейса, давая возможность затормозить ракету почти без расхода горючего (подробнее об этом будет сказано в главе 15).

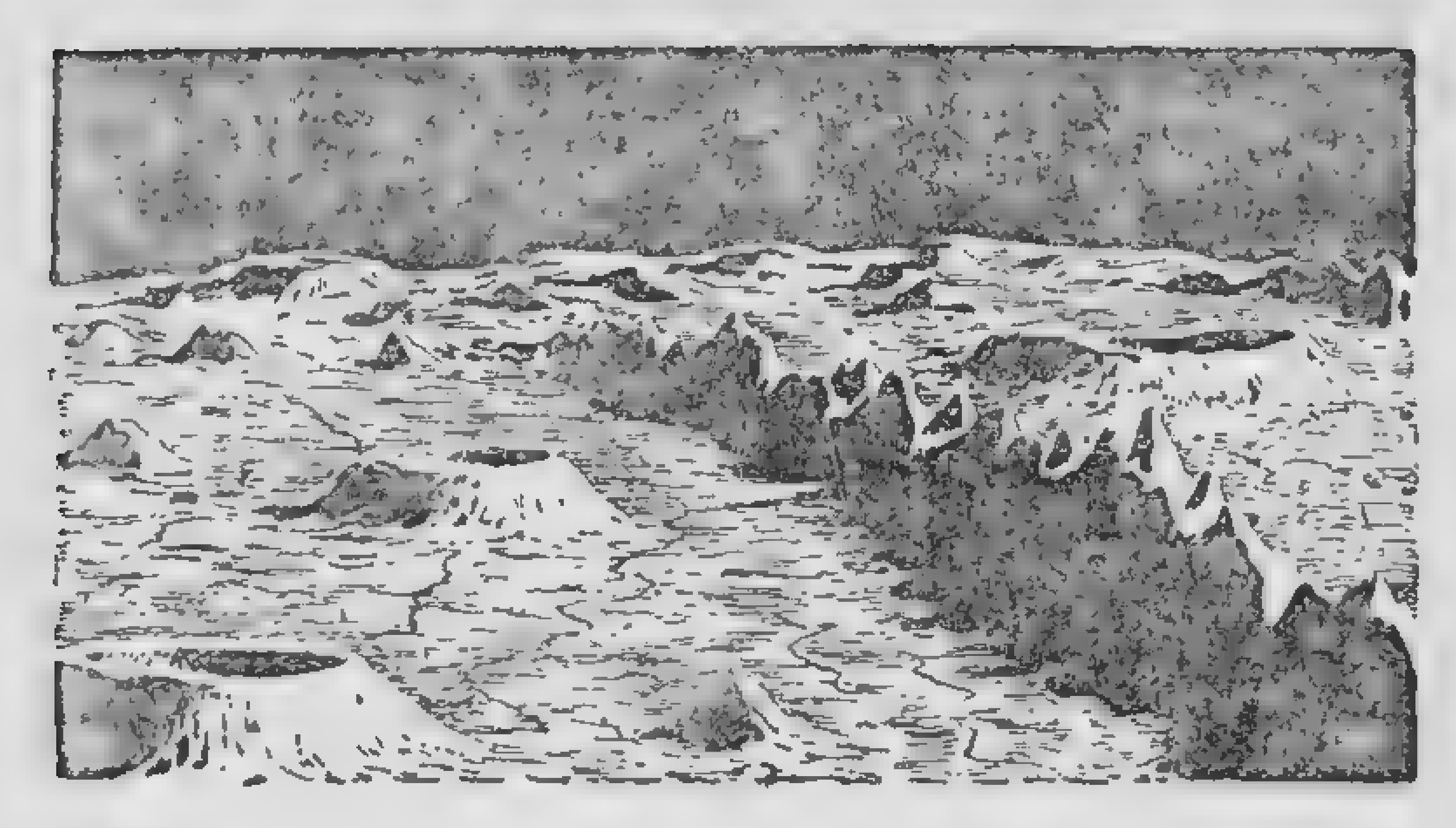
Часто задают вопрос: может ли ракета в мировом пространстве изменить направление своего полета? Безусловно может. Для этого нужно лишь изменить направление газовой струи. Тогда с ракетой произойдет то же, что происходит с свободным телом, получившим удар вне центра его массы: ракета получит вращательное движение. Пользуясь этим, пилот будет иметь возможность менять по желанию курс своего ракетного корабля и даже повертывать его в безвоздушном пространстве на 180°.

14.

ЗВЕЗДНАЯ НАВИГАЦИЯ.

Скорости, пути, сроки.

Первое, чтó надо разрешить, обсуждая условия звездоплавания — это вопрос скорости: какою скоростью необходимо снабдить отправляемый с Земли звездолет, чтобы он мог выполнить тот или иной межпланетный рейс? Некоторые из относящихся сюда числовых даных уже приводились ранее. Мы знаем, что круговой облет земного шара осуществляется при скорости (за пределами атмосферы) в 7,9 *км/сек*, а при затрате энергии, отвечающей ско-



34.

рости 11,2 *км/сек*, звездолет совершенно освобождается от цепей земного тяготения. Земного, — но не солнечного. Ракета, которая ринется с Земли с такою скоростью в направлении годового движения нашей планеты, превратится как бы в самостоятельную планету, кружащуюся не около Земли, а около Солнца со скоростью 30 *км/сек*. Она сможет беспрепятственно удаляться от Земли по ее орбите, но не сможет еще уйти от власти Солнца, могучее притяжение которого будет удерживать ее на определенном расстоянии. Чтобы заставить ракету удалиться от Солнца, т. е. описывать более обширную орбиту, нужно увеличить ее скорость, либо же с самого начала бросить ее в пространство с увеличенной скоростью. Если мы желаем, чтобы звездолет мог свободно перемещаться по всей планетной системе и даже вовсе покинуть царство нашего Солнца, мы должны снабдить его энергией, соответствующей скорости 16,7 *км/сек*. При скорости промежуточной между 11,2 *км/сек* и 16,7 *км/сек* ракета сможет долететь до орбиты любой из планет нашей системы. Какая же минимальная скорость

нужна для достижения с Земли той или иной планеты? Расчет * дает следующие цифры:

Для достижения с Земли орбиты	Необходимая минимальная начальная скорость (*км/сек*)
Меркурия	13,5
Венеры	11,4
Марса	11,6
Юпитера	14,2
Сатурна	15 2
Урана	15,9
Нептуна	16,2
Плутона	16,4

Здесь надо сделать два пояснения. Во-первых, слово «скорость» в этих случаях есть не столько мера быстроты передвижения, сколько мера запаса энергии звездолета. Во-вторых, не следует думать, что, покинув Землю с некоторою скоростью, звездолет сохраняет ее во все время перелета; нет, скорость в пути изменяется согласно второму закону Кеплера: звездолет движется тем медленнее, чем дальше уходит он от центра притяжения.

Будущему звездоплавателю придется отчаливать не только с Земли. В далеких странствованиях, посетив другие планеты, он должен будет взлетать на своем корабле с их поверхности. Какие понадобятся скорости для освобождения от их притяжения? Это можно вычислить, зная радиус планеты и напряжение тяжести на ее поверхности.**

---

* Как выполняются подобные расчеты, показано в конце книги, в Приложении 4.

** В Приложении 4 выведена соответствующая формула и сделан примерный расчет.

Результаты вычислений даны в следующей табличке:

Планета	Необходимая начальная скорость (*км/сек*)
Земля	11,2
Луна	2,4
Марс	5
Венера	10,3
Меркурий . . .	3,7
Юпитер	60
Сатурн	35
Уран	22
Нептун	24
Плутон	4,9

Труднее всего было бы подняться с поверхности (фотосферы) Солнца, если бы это могло понадобиться: нужна скорость в 618 *км/сек*. Зато с лунной поверхности можно отлететь при скорости всего в 2,4 *км/сек*, не слишком далекой от той, с какой снаряды покидали жерло пушки «Колоссаль» при бомбардировке Парижа с расстояния 120 *км*.

Небесные тела, от которых всего легче отчаливать космическому кораблю — это астероиды и мелкие планетные спутники. Чтобы покинуть, например, поверхность одного из спутников Марса — самых крошечных из известных нам планетных лун, — достаточно было бы сообщить ракете начальную скорость всего лишь в 20 *м/сек*. Отсюда ясно, какое важное значение приобретут в будущем подобные миниатюрные небесные тела в качестве удобных пристаней для временных стоянок космических кораблей.

Зато высадка на Юпитер (и обратный взлет с него) совершенно неосуществимы при тех средствах, которые мы можем предвидеть. Действительно, для подъема с Юпитера нужна начальная скорость 60 *км/сек* — в 12 раз бо́льшая, чем скорость вытекания газа в водородной ракете.

Но если $\frac{v}{c} = 12$, то $\frac{M_i}{M_k} = 2{,}7^{12} =$ около 160000 (см. уравнение ракеты). Устроить ракету в 160 тысяч раз более легкую, чем заключенный в ней запас горючего, — конечно немыслимо. Вообще, посещение больших планет — Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна — вопрос, не разрешенный современной теорией звездоплавания.

От скоростей перейдем к маршрутам путешествий и к их продолжительности. С путями следования космических кораблей дело обстоит довольно своеобразно. Казалось бы, в просторе межпланетных пустынь самый естественный и выгодный путь — прямая линия. Где, как не в мировом пространстве, целесообразен был бы тот примитивный способ решения дорожного вопроса, помощью которого Николай I наметил некогда направление Октябрьской дороги — прокладывать пути по линейке? Между тем именно прямые направления явятся в звездной навигации редким исключением, правилом же будут пути кривые. Кратчайший в геометрическом смысле путь окажется в практике звездоплавания настолько невыгодным в смысле расходования горючего, что им совершенно невозможно будет воспользоваться.

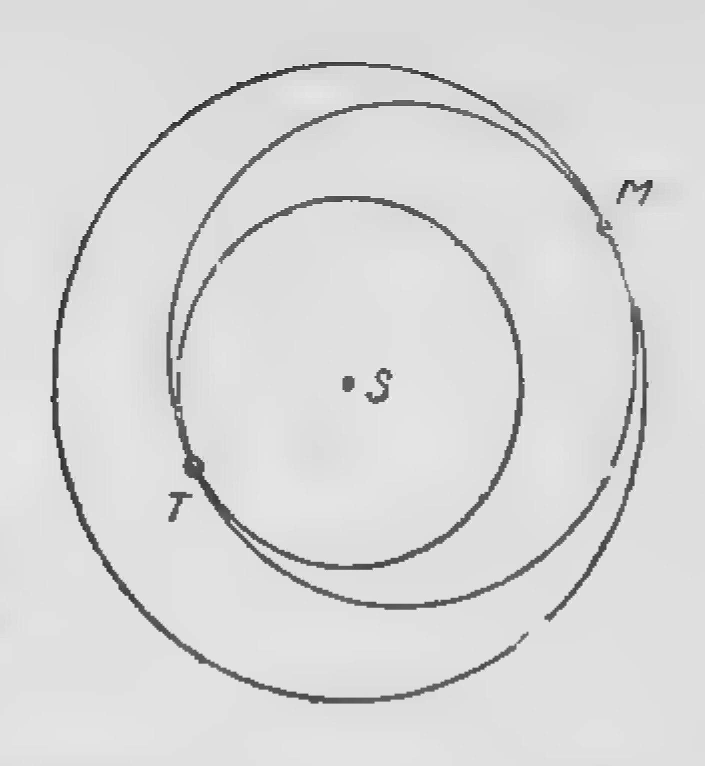
Мы поймем происхождение этого парадокса, если вспомним, что ракета, покидающая земной шар по направлению радиуса земной орбиты, сохраняет и ту скорость, какую имеет земной шар, т. е. 30 *км/сек* по направлению, перпендикулярному к радиусу. Если бы мы пожелали направить звездолет по кратчайшему пути на Марс в момент противостояния, то должны были бы прежде всего свести к нулю 30-*км* скорость звездолета по касательной к земной орбите. Для уничтожения этой скорости нет другого средства, как сообщить ракете такую же скорость в противоположном направлении. Значит еще до начала собственно полета на Марс звездолет должен развить скорость

30 *км/сек*, для чего при нефтяном горючем потребовался бы запас его в 1500 раз тяжелее самой ракеты. Уже и это совершенно неисполнимо, — а ведь нужно еще иметь запас горючего для сообщения ракете значительной скорости по направлению к орбите Марса; и наконец понадобится весьма много горючего для безопасного спуска на Марс, так как, приблизившись под прямым углом к его движению, звездолет должен приобрести ту скорость, с какою Марс движется по орбите (24 *км/сек*). Общий итог так огромен, что неосуществимость подобного полета становится совершенно бесспорной.

Сходные затруднения представятся при полете по прямому пути и к другим планетам, безразлично — внешним или внутренним. Приходится поэтому отказаться от прямолинейных маршрутов и избрать иные пути. Как мореплаватели для передвижения парусных судов пользуются морскими и воздушными течениями, так звездоплаватели будут пользоваться притяжением Солнца, направляя корабли по путям, определенным законами небесной механики. А эти дороги — не прямые: естественный путь космического корабля — дуга эллипса, более или менее вытянутого. Как и всякое небесное тело, звездолет должен двигаться по коническому сечению.

Рассмотрим сначала путешествие на соседние с нами планеты — Марс и Венеру. Лунные маршруты сложнее, и о них мы поговорим особо.

Полет на Марс с наименьшим расходом энергии может быть осуществлен по эллиптическому пути, который охватывает земную орбиту и лежит внутри орбиты Марса, касаясь обеих орбит в начальной и конечной точках путешествия. Рис. 35 поясняет сказанное: T — положение Земли, M — положение Марса; эллипс TM — путь перелета. Ракета должна покинуть земной шар с такой скоростью, какая необходима, чтобы, подчиняясь законам небесной



35. Маршрут наивыгоднейшего перелета с Земли (T) на Марс (M).

механики, направиться по эллипсу TM. Первоначальный запас скорости донесет ракету до точки M, где (если надлежащим образом выбрать момент отправления) будет находиться Марс; обозрев Марс, не снижаясь на него, пассажиры умчатся в ракете по другой половине эллиптического пути к исходной точке T. Но найдут ли они здесь в момент прибытия родную планету? Нет, потому что все путешествие по такому маршруту займет 519 суток, и Земля окажется далеко от своего прежнего положения.

Отсюда возникает необходимость выждать некоторый срок, пребывая в состоянии спутника Марса, прежде чем пуститься в обратный путь. По расчетам германского теоретика звездоплавания В. Гоманна, период выжидания при полете на Марс должен длиться 450 суток, так что все путешествие в оба конца отнимет 970 суток. Таков самый экономный, в смысле расхода горючего, маршрут. Сократить продолжительность возможно лишь за счет увеличения скорости, т. е. расхода горючего.

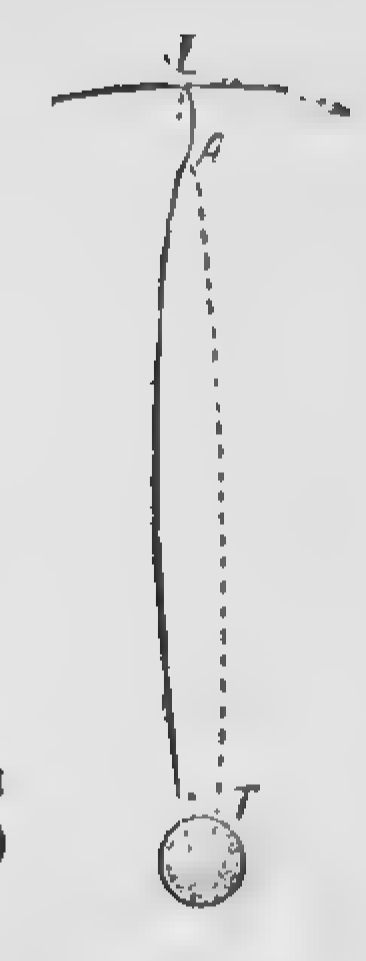
Для трехлетнего путешествия в мировом пространстве потребовалось бы прежде всего снабдить пассажиров огромным запасом пищи. Можно ли рассчитывать на изобретение в будущем каких-нибудь питательных пилюль, которые при ничтожном весе вполне насытят человека? Не

входя в подробности, скажем прямо, что подобные мечты несбыточны. Ведь пища снабжает нас не только энергией, но и материей; пилюля не может содержать достаточно вещества для возмещения всех материальных потерь животного организма. «Покуда человек остается человеком, а природа, в которой мы живем, не перестает быть сама собой, мечтать о насыщении человека несколькими таблетками так же мало основательно, как верить, что кто-либо мог пять тысяч человек насытить тремя хлебами» (Б. Завадовский: «Может ли человек насытиться таблеткой?»). Минимальный вес суточного пищевого пайка на одного человека не может быть ниже 600 г. Это составляет при путешествии на Марс запас пищи свыше полутонны для каждого пассажира, а следовательно — много десятков тонн избыточного горючего.

Вообще, осуществление перелета на Марс встречает весьма серьезные затруднения, пути к разрешению которых в настоящее время еще не намечены.

Но как бы ни были впоследствии разрешены эти вопросы, лететь на Марс во всяком случае придется не по прямому пути в 60 миллионов километров, а по гораздо более длинному окружному пути, пользуясь даровою силою притяжения Солнца, нашего испытанного союзника в работе на Земле. «При путешествии на Марс и обратно, — говорил немецкий теоретик звездоплавания И. Винклер, — тяготение является врагом втечение десяти минут, зато втечение ряда лет — нашим другом».

Подобным же образом можно заставить работать Солнце и при перелете на другую нашу соседку — Венеру. Здесь также надо избрать окружной путь, по эллипсу, который в этом случае будет касаться извне орбиты Венеры и изнутри — орбиты Земли. Путешествие в один конец по такому эллипсу продлится 147 с небольшим суток, а полный оборот — 295 суток. Возвращение же на Землю без рас-



36. Наивыгоднейший путь перелета с Земли (*T*) на Луну (*L*). Путь перегибается в точке (*A*) равного притяжения.

хода горючего возможно только через два с лишним года, после 470-суточного ожидания в качестве спутника Венеры.

Впрочем германским инженером Гоманном разработан проект более кратковременного путешествия к Венере (без высадки) с возвращением на Землю: при сравнительно небольшом дополнительном расходе горючего в пути общая длительность перелета может быть сведена к 1,6 года. Тем же исследователем предложен маршрут 1½-годового путешествия с приближением к Марсу и к Венере (не ближе 8 миллионов *км*). Другой исследователь этого вопроса, немецкий инженер Пирке, разработал маршруты, уменьшающие продолжительность перелета на Марс до 192 суток, а на Венеру — до 97 дней; но эти маршруты связаны с гораздо бо́льшим расходом горючего. При желании еще более ускорить путешествие на Венеру можно избрать путь по эллипсу, касающемуся орбит Земли и Меркурия. Этот маршрут отнял бы всего 64 дня, но, конечно, был бы еще менее экономичен.

Обратимся теперь к лунным путешествиям и рассмотрим два проекта: первый — полет на Луну с высадкой на ней; второй — вылет за лунную орбиту с целью обозрения недоступной для нас «задней» стороны ночного светила. (Читателю, вероятно, известно, что Луна, обходя вокруг Земли, обращена к ней все время одной и той же своей стороной; противоположной стороны нашего спутника мы видеть не можем, и о физическом ее устройстве нам ничего неизвестно.)

Полет на Луну с высадкой на нее может быть наиболее экономно осуществлен по тому плану, который предложен был еще Жюлем Верном. Ради сбережения горючего надо направить ракету сначала по вытянутому эллипсу (рис. 36), один фокус которого совпадает с центром Земли; самая удаленная от Земли точка этого эллипса находится в месте равного притяжения обоих небесных тел. (Для простоты мы считаем пока Луну неподвижной.) Путь по этому эллипсу в один конец, от Земли до точки A, ракета пролетит с запасом скорости, полученным при первоначальном горении, без дополнительного расхода горючего в дороге. Достигнув точки A, ракета, предоставленная самой себе, отправилась бы в обратный путь по другой половине эллипса. Но вмешательство пилота, пускающего на короткое время в действие взрывной механизм, сообщает ракете скорость такой величины и такого направления, что звездолет меняет курс: он следует по дуге другого, меньшего эллипса, которая и приводит его к поверхности Луны. Движение Луны по ее орбите кругом Земли изменяет вид пути ракеты, — но в общем он сохраняет S-образную форму с точкой перегиба на расстоянии 40 000 км от центра Луны.

Пополню схему некоторыми подробностями, основанными на моих расчетах (приведенных в Приложении 4). Ракета поднимается с земной поверхности сначала с не-

большой скоростью, которая по мере взлета все возрастает и достигает максимума — 9780 *м/сек* относительно Земли — минут через 6 от начала полета. К этому моменту ракета оставит далеко позади себя всю толщу атмосферы, так как будет находиться на высоте около 1700 *км*. Плотную часть атмосферы ракета пролетит с умеренной скоростью, не превышающей 1,3 *км/сек* (на высоте 30 *км*). Отпадают поэтому опасения, что вследствие сопротивления атмосферы стенки звездолета расплавятся. Когда звездолет накопит скорость 9780 *м*, т. е. на высоте 1700 *км*, пилот прекращает работу ракетного мотора и предоставляет кораблю лететь по инерции, с постепенным уменьшением скорости под действием земного тяготения. Линии равного притяжения Землею и Луною звездолет достигает таким образом со скоростью, близкою к нулю. Далее идет уже падение на Луну. Приблизившись к ее поверхности до расстояния 90 *км*, ракета должна повернуться соплом к Луне и возобновить горение. Газы, вырываясь из сопла по направлению к Луне, замедляют своей реакцией стремительность падения и втечение одной минуты понижают его скорость до нуля.

Какова продолжительность этого путешествия? Вычисление дает следующий результат. От Земли до точки равного притяжения ракета будет взлетать 4,1 суток. Отсюда начнется падение на Луну. Если бы падение это совершалось только под действием притяжения Луны, оно длилось бы 1,4 суток (33,5 часа). Но ракета подвержена также притяжению Земли, замедляющему падение; расчет показывает, что земное притяжение должно удвоить продолжительность падения ракеты на Луну, так что общая длительность путешествия:

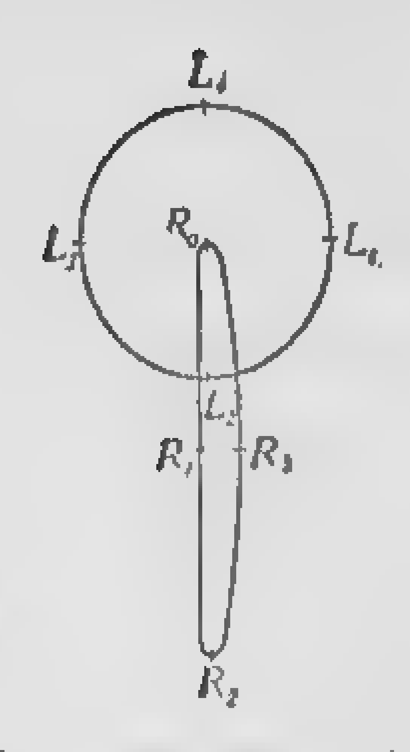
$$4{,}1 + 2{,}8 = 6{,}9 \text{ суток.}$$

Итак, перелет на Луну, — если вести его самым экономным образом в смысле сбережения горючего, — должен отнять около 7 суток. При этом из 7 суток путешествия ракета летит под напором газов всего лишь 7 мин., остальное же время — по инерции.

Если технические условия позволят не быть столь экономными в горючем, то срок путешествия на Луну можно будет сократить. Так, если отослать звездолет со скоростью — на высоте 1600 *км* — 10 *км/сек*, он достигнет линии равного притяжения через 43 часа со скоростью 1500 *м/сек*, а отсюда долетит до Луны в 6 часов, употребив на весь перелет только двое суток.

При первых полетах однако нельзя будет осуществить сразу спуск на лунную почву; придется лишь облететь вокруг Луны один или несколько раз на весьма близком расстоянии для тщательной рекогносцировки. Такой обследовательский круговой полет потребовал бы сравнительно небольшого дополнительного расхода горючего.

Проект полета за орбиту Луны для осмотра недоступной земному наблюдателю части ночного светила подробно разработан В. Гоманном в книге «Досягаемость небесных тел» (Берлин 1925 г.). Предлагаемый им маршрут изображен на рис. 37, где одновременные положения ракеты и Луны обозначены одинаковыми цифрами при буквах R (ракета) и L (Луна). Ракета покидает Землю в точке R_0 и, побывав в точках R_1, R_2, R_3, возвращается к исходной точке. Время отлета выбирается с таким расчетом, чтобы впродолжение всего путешествия ракета не приближалась к Луне больше чем на половину радиуса лунной орбиты; притяжение ракеты Луною никогда поэтому не будет превышать $^1/_{20}$ одновременного притяжения Земли и следовательно изменит давление ракеты весьма незначительно. Наблюдать «заднюю» сторону Луны (а это и является целью путешествия) можно будет из точки R_2, когда спут-



37. Маршрут вылета за орбиту Луны по проекту Гоманна.

ник наш находится в L_2. Конечно, момент отлета должен быть так выбран, чтобы в точке L_2 Луна была в фазе новолуния (тогда задняя ее сторона залита солнечным светом).

Таков предлагаемый Гоманном маршрут. Рассмотрим некоторые условия его осуществления. Ракета, покинув Землю с секундной скоростью 11 200 *м*, достигает расстояния 40 000 *км* от поверхности Земли; к этому моменту скорость ракеты должна, как показывает расчет, понизиться до 4350 *м*. Гоманн вычислил, что если, находясь здесь, ракета увеличит горением всю скорость всего лишь на 110 *м/сек*, то этого окажется достаточным, чтобы она направилась по эллипсу, отдаленнейший пункт которого R_2 лежит на расстоянии двойного радиуса лунной орбиты (800 000 *км*). Чтобы возвратиться к Земле после достижения этого крайнего пункта, ракета должна получить снова небольшую прибавку скорости (90 *м/сек*). Значит, помимо начального взрывания, отправляющего ракету в ее межпланетный рейс, путешествие потребует еще два кратковременных взрывания в пути с небольшим расходом горючего. Продолжительность полета исчислена Гоманном в 30 суток. Пассажирам придется взять с собою, по расчету автора проекта, до 2800 *т* пороха и около 3 *т* необ-

ходимых припасов. Пользование, вместо пороха, бензином (и кислородом), как мы знаем из предыдущей главы, значительно уменьшило бы груз горючего.

Плавание по океану Вселенной потребует от пилота умения ориентироваться в мировом пространстве, т. е. определять положение ракетного корабля в каждый момент путешествия. Как это будет осуществляться? Как будет моряк Вселенной знать, что корабль идет правильным курсом, а не уклонился от предначертанного пути, не отстал, не залетел чересчур далеко вперед?

Ориентирование в мировом пространстве представляет по существу довольно сложную астрономическую задачу. Весь путь ракетного корабля вычислен заранее. Вместе с тем заранее определены для каждого момента путешествия: 1) угловая величина земного шара и той планеты, к которой звездолет направляется; 2) неподвижные звезды, возле которых Земля и планета назначения должны быть видимы. Во время полета пилот измеряет угловую величину земного шара и положение его между звездами. Если окажется, что видимые размеры Земли больше предвычисленных, то это будет означать, что корабль недостаточно удалился от Земли, т. е. летит слишком медленно. Если Земля будет видна не возле тех звезд, которые должны окружать ее по расчету, то это даст указание на необходимость соответственно изменить направление полета. Ориентирование по небесным светилам облегчается тем, что за пределами атмосферы небо всегда чисто и *звезды видны даже при свете Солнца.*

Одного весьма важного вопроса — спуска — мы до сих пор пока не касались; спуск ракетного корабля на планету и затруднения, связанные с ним, будут попутно рассмотрены в дальнейших главах.

Многих интересует, во что обойдется сооружение и отправка звездолета на Луну. Хотя делать сколько-нибудь

точные финансовые расчеты в этой области невозможно, приведу результат примерной калькуляции, выполненной австрийским исследователем вопросов звездоплавания Гвидо Пирке. Он полагает, что постройка и отправка на Луну первой пассажирской ракеты в 500 *т* весом обойдется 3½ миллиона марок, а вместе с предварительными опытами первый лунный перелет потребует расходов круглым числом — 10 миллионов марок.

15.

ПРОЕКТЫ К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО.

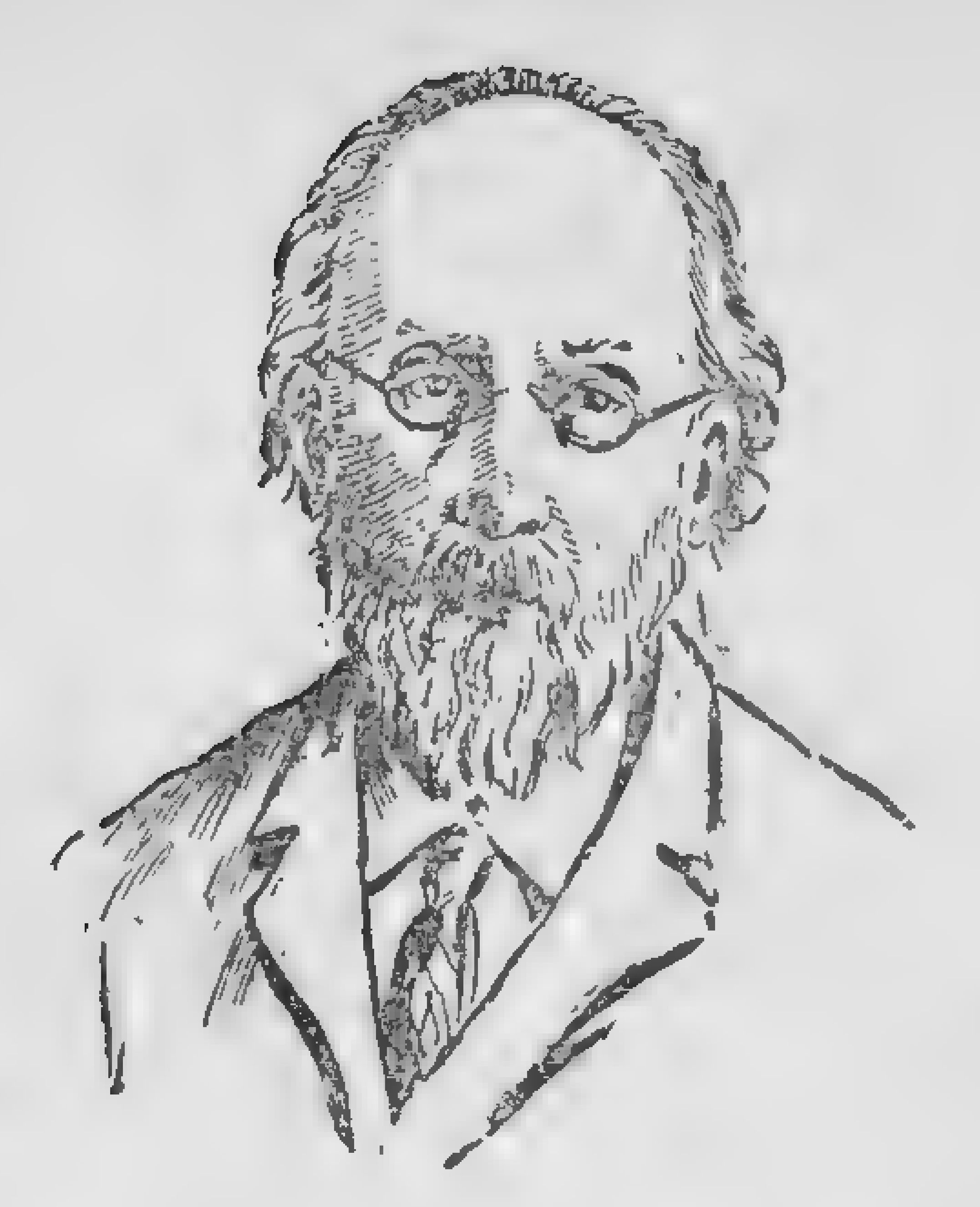
После этих общих замечаний перейдем к рассмотрению образца конкретного проекта межпланетного перелета, избрав для этого план нашего соотечественника К. Э. Циолковского, теоретические изыскания которого опередили исследования других деятелей на том же поприще не только по времени, но зачастую и по полноте и разносторонности.

Изложить подробно содержание его интересных исследований — задача научного сочинения, а не популярной книги. Мы можем развернуть перед читателем только общий план завоеваний мирового пространства, как он вырисовывается в последних работах К. Э. Циолковского. * Этот очерк поможет читателю если не представить себе, то по крайней мере ощутить основную линию грядущего развития заатмосферного летания. **

Отлет межпланетной ракеты с Земли состоится где-нибудь в высокой горной местности. Должна быть подгото-

* Главным образом в книге «Исследование мировых пространств реактивными приборами». Калуга 1926 г.

** Дальнейший текст этой главы был просмотрен и отчасти пополнен К. Э. Циолковским.



38. Константин Эдуардович Циолковский. (1857—1935).

влена прямая ровная дорога для разбега, идущая наклонно вверх под углом 10—12 градусов. Ракета помещается на самодвижущемся экипаже, — например на автомобиле, мчащемся с наибольшею возможною для него скоростью. Получив таким образом начальный разбег, ракета начинает свой самостоятельный восходящий полет под действием взрывающихся в ней горючих веществ. По мере возрастания скорости, крутизна взлета постепенно уменьшается, путь ракеты становится все более пологим. Вынырнув за атмосферу, аппарат принимает горизонтальное направление и начинает кружиться около земного шара в расстоянии 1—2 тысяч километров от его поверхности, наподобие спутника.

По законам небесной механики это возможно, — как мы уже говорили, — при секундной скорости в 8 *км*. Скорость

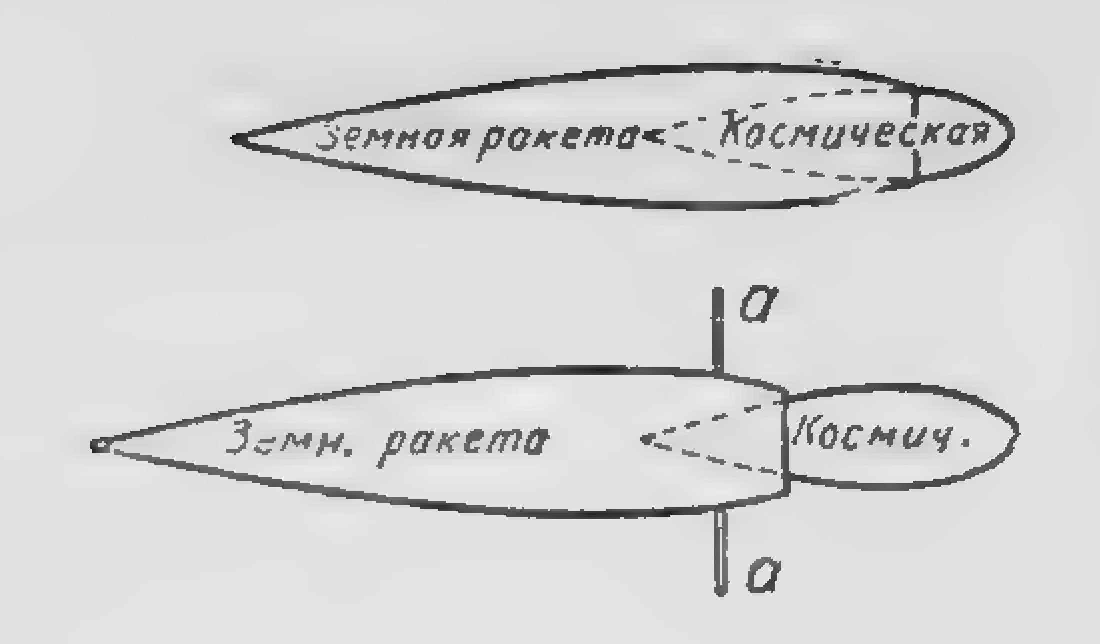
эта достигается постепенно: взрывание регулируют так, чтобы секундное ускорение не слишком превышало привычное нам ускорение земной тяжести (10 *м/сек*).

Благодаря этим предосторожностям искусственная тяжесть, возникающая в ракете при взрывании, не представляет опасности для пассажиров.

Так достигается первый и самый трудный этап межпланетного путешествия — превращение ракеты в спутника Земли. Чтобы заставить теперь ракету удалиться от Земли на расстояние Луны или еще далее — в другие зоны нашей солнечной системы, — потребуется лишь добавочным взрыванием увеличить в 1½—2 раза скорость той же ракеты. «Так мы можем, — пишет К. Э. Циолковский, — добраться до астероидов, маленьких планеток, спуск на которые, по малой на них тяжести, не представляет трудности. Достигнув этих крохотных небесных тел (от 400 до 10 и менее километров в диаметре), мы получим обилие опорного материала для космических путешествий» ...

Остановимся подробнее на этом первом и решающем этапе межпланетного путешествия, обстоятельно рассмотренном в исследовании К. Э. Циолковского.

Мы сказали раньше, что начальный разбег сообщается ракете автомобилем. Но для этой цели пригодны вообще любые транспортные средства: паровоз, пароход, аэроплан, дирижабль. Годилась бы даже пушка, пороховая или электромагнитная, если бы необходимость делать ее чрезвычайно длинной (ради ослабления искусственной тяжести в снаряде) не увеличивала чрезмерно ее стоимости. Однако всеми перечисленными средствами (кроме пушки) нельзя надеяться достичь скорости больше 700 *км/час* (200 *м/сек*). Причина та, что окружная скорость на ободе колеса или на конечных точках пропеллера не должна превосходить 200 *м/сек*, — иначе вращающемуся телу угрожает разрыв. Между тем чрезвычайно важно довести скорость ракеты



39. Схема ракет Циолковского — земной и космической — до разъединения и (внизу) в момент разъединения.

до возможно большей величины еще на Земле, при первоначальном разбеге, так как это создает весьма заметную экономию в количестве запасаемых ракетой веществ для взрывания.

Взамен автомобиля или какого-нибудь другого колесного экипажа Циолковский предлагает воспользоваться для разбега опять-таки ракетой. Эту вспомогательную ракету он называет «земной», — в отличие от «космической», предназначенной для межпланетного рейса. Ракета космическая должна быть временно помещена внутрь ракеты земной, которая, не отрываясь от почвы, сообщит ей надлежащую скорость и в нужный момент освободит ее для самостоятельного полета в мировое пространство (рис. 39).

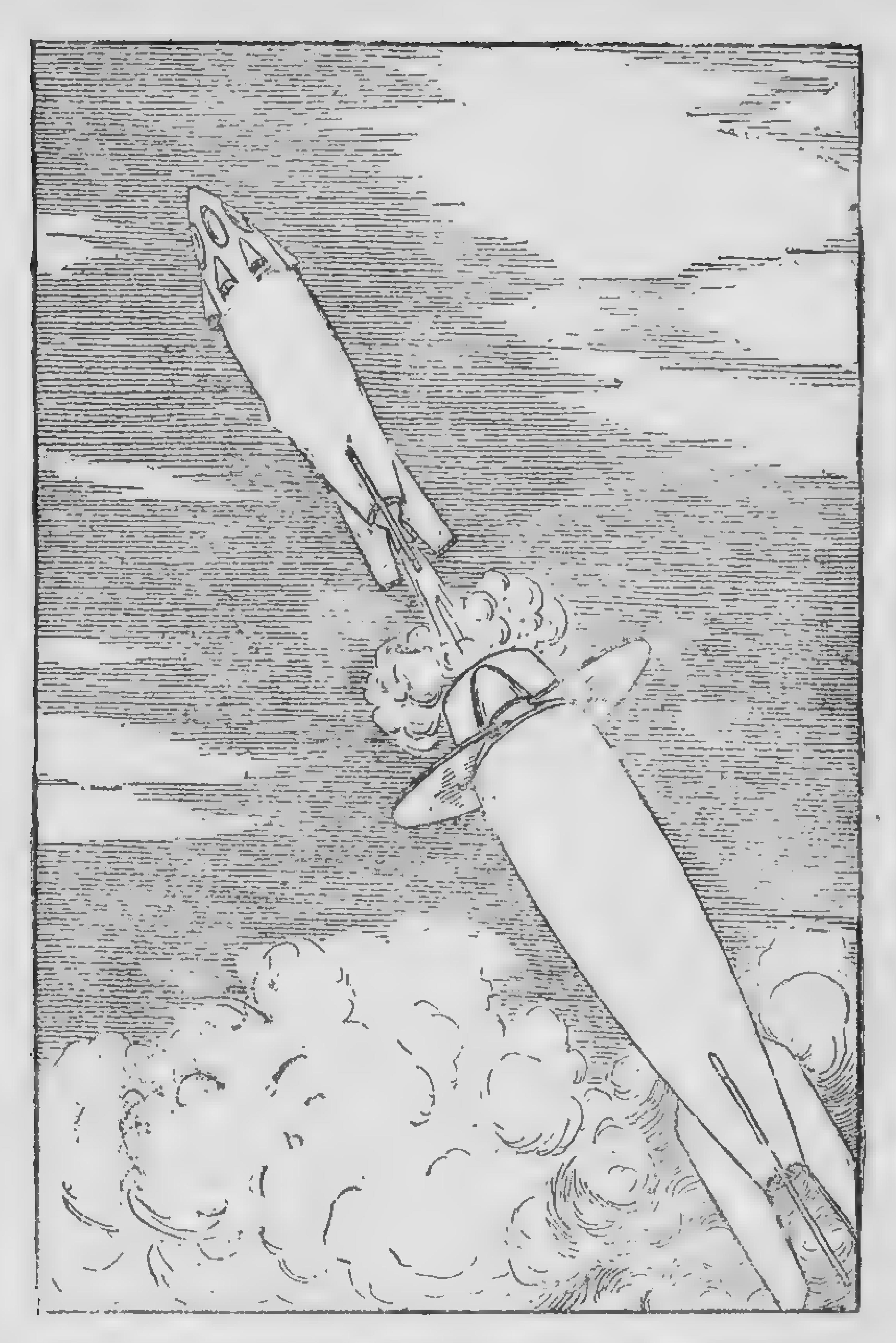
Земная ракета под действием взрывания будет стремительно скользить без колес по особым обильно смазанным рельсам. Потеря энергии на трение (ослабленное смазкой) сильно уменьшается при весьма больших скоростях. Что же касается сопротивления воздуха, то его можно довести до минимальной величины, придав ракете весьма удлиненную, легко обтекаемую воздухом форму. Если бы возможно было построить ракету в сто раз длиннее ее толщины, сопротивление воздуха было бы настолько ничтожно, что им можно было бы и вовсе пренебречь. Длину земной ракеты нельзя однако практически делать свыше 100 *м*;

а так как толщина ее должна быть не меньше нескольких метров, то ракета окажется всего в 20—30 раз длиннее своего поперечника. Впрочем и при таких условиях общее сопротивление движению земной ракеты будет составлять всего несколько процентов энергии ее движения.

Итак, открытая спереди земная ракета с вложенной в нее космической стремительно движется по подготовленной для нее дороге. Наступает момент, когда надо освободить космическую ракету и пустить ее в мировое пространство. Каким образом это сделать? Циолковский указывает весьма простое средство: затормозить земную ракету — космическая вырвется тогда из нее по инерции и, при одновременном пуске взрывного механизма, начнет самостоятельно двигаться с возрастающей скоростью. Торможение же земной ракеты достигается просто тем, что конечный участок дороги оставляют не смазанным: увеличенное трение замедлит и наконец совсем прекратит движение вспомогательной ракеты без добавочного расхода энергии. Еще лучший способ торможения состоит в том, что из земной ракеты выдвигаются перпендикулярные к ней тормозящие планы: сопротивление им воздуха при большой скорости громадно, и ракета скоро остановится. Тому же способствует открытая тупизна передней части ракеты.

Использование земной ракеты для сообщения космической ракете начальной скорости, как мы уже заметили, ощутительно разгружает этот небесный корабль: оно освобождает его от необходимости нести с собою весьма большой запас горючего.

Мы знаем, что для определения солнечного притяжения и, следовательно, для свободных полетов во всей планетной системе, ракета должна обладать скоростью около 17 *км/сек.* Чтобы неподвижная ракета приобрела такую скорость, необходимо, в случае горения водорода, взять запас вещества для взрывания раз в 30 (а для ракеты



40. Ракеты Циолковского в полете (фантастический рисунок).

с нефтью — в 70 раз) больше прочего веса ракеты. Между тем, если космическая ракета уже приобрела от разбега земной ракеты скорость в 5 *км/сек*, указанное отношение уменьшается втрое; запас веществ для взрывания (водорода и кислорода) должен быть только в 10 раз тяжелее незаряженной ракеты. Для получения 5-километровой секундной скорости нужен для земной ракеты путь по Земле в 25 *км* при ускорении 500 *м/сек*^{2}. Тяжесть в ракете увеличивается при этом в 50 раз (500 : 10); пассажиры на это время должны быть погружены в воду — иначе они едва ли перенесут такую усиленную тяжесть. Вообще, получение на Земле таких скоростей встретит много затруднений. Однако можно ограничиться и меньшей скоростью.

Чтобы покончить с з е м н о й ракетой, приведем еще несколько ориентирующих цифр. Вес ее должен быть около 50 *т*, из которых тонн 40 приходится на вещества для горения; вместе с вложенной в нее 10-тонной космической ракетой вполне снаряженная земная ракета будет весить тонн 60. Впрочем земная ракета может устраиваться и меньшего веса, но тогда выгода будет менее значительна. Продолжительность разбега зависит от длины пути. Взрывание ведется таким темпом, чтобы искусственная тяжесть, обусловленная нарастанием скорости, была весьма невелика — от 0,1 земной до, в крайнем случае, — 10-кратной. При ускорении, значительно большем земного, пассажирам необходимо будет, по мнению Циолковского, погружаться в ванну для избежания вредных последствий усиленной тяжести. При ускорении же не более 30 *м/сек*^{2} искусственная тяжесть не превосходит степени, безвредно переносимой человеком. Такой же безопасной искусственной тяжести будут, конечно, подвержены и пассажиры, находящиеся в космической ракете. Гораздо сильнее искусственная тяжесть, порождаемая стремительным т о р м о ж е н и е м земной ракеты на сравнительно коротком пути. По своей

величине она заметно опаснее для нашего организма; поэтому необходимо устроить так, чтобы управление взрыванием в земной ракете осуществлялось автоматическим путем, без непосредственного участия человека. Пассажирам же космической ракеты это торможение не может причинить вреда, так как в первый же момент торможения они, нисколько не уменьшая достаточной скорости, уже покинут в своем снаряде земную ракету.

Ракета космическая, предназначенная для межпланетных полетов, должна иметь сравнительно небольшие размеры. По Циолковскому, ее длина 10—20 *м*, поперечник 1—2 *м*. Для успешного планирования при спуске на Землю или на другие планеты понадобится, быть может, соединять вместе несколько таких сигарообразных ракет бок-о-бок. Оболочка может быть из стали (вольфрамовая, хромовая или марганцевая сталь) умеренной толщины. По расчетам Циолковского, оболочка ракеты в 100 $м^3$ может весить меньше тонны (650 килограммов).

В качестве горючего вещества можно будет, по всей вероятности, обойтись нефтью, как веществом недорогим и дающим газообразные продукты горения, вытекающие из трубы с довольно значительною скоростью — около 4 *км/сек*. Конечно гораздо выгоднее взрывать не нефть, а чистый жидкий водород (скорость отбрасываемых продуктов горения — до 5 *км/сек*), но это вещество довольно дорогое. Необходимый для горения и дыхания кислород берется в сжиженном виде. Предпочтение, оказываемое жидкостям перед сильно сжатыми газами, вполне понятно. Сжатые газы необходимо было бы хранить в герметических толстостенных резервуарах, масса которых в несколько раз превышает массу их содержимого; запасать кислород в таком виде — значило бы обременять ракету мертвым грузом, а мы знаем, как невыгоден для межпланетной ракеты каждый лишний килограмм мертвой массы. Сжи-

женный же газ оказывает на стенки сосуда сравнительно ничтожное давление (если хранить его, как обычно и делают, в открытом резервуаре). Низкая температура жидкого кислорода — около минус 180° Ц — может быть использована для непрерывного охлаждения накаленных частей взрывной трубы.

Одна из самых ответственных частей ракеты — взрывная труба (дюза). В космической ракете Циолковского она должна иметь около 10 *м* в длину и 8 *см* в узкой части; вес ее около 30 *кг*. Горючее и кислород накачиваются в ее узкую часть мотором аэропланного типа мощностью до 100 лош. сил. Температура в начале трубы доходит до 3000° Ц, но постепенно падает по мере приближения к открытому концу. Наклонная часть трубы, как мы уже говорили, охлаждается жидким кислородом. Труба имеет коническую форму с углом раструба не больше 30°; это во много раз сокращает длину трубы при хорошем использовании теплоты горения.

Может показаться странным, что космическая ракета, предназначенная для движения в пустоте мирового пространства, будет снабжена рулями: горизонтальным рулем высоты, отвесным рулем направления и рулем боковой устойчивости. Но не следует упускать из вида, во-первых, того, что ракете при спуске на Землю придется планировать в атмосфере без взрывания, подобно аэроплану. Во-вторых, рули понадобятся и вне атмосферы, в пустоте, для управления ракетой: быстрый поток вытекающих из трубы газов, встречая руль, уклоняется в сторону, вызывая тем самым поворот ракеты. Поэтому рули помещаются непосредственно у выходного отверстия взрывной трубы.

Излишне перечислять все те приспособления, которыми необходимо будет снабдить пассажирскую каюту. Романисты, мечтавшие о межпланетных перелетах, достаточно писали об этом и в общем — довольно правильно. Окна из

кварца с предохранительным слоем обыкновенного стекла соединят прочность с защитой пассажиров от ультрафиолетовых лучей Солнца и дадут им возможность обозревать окрестности и ориентироваться при управлении ракетой.

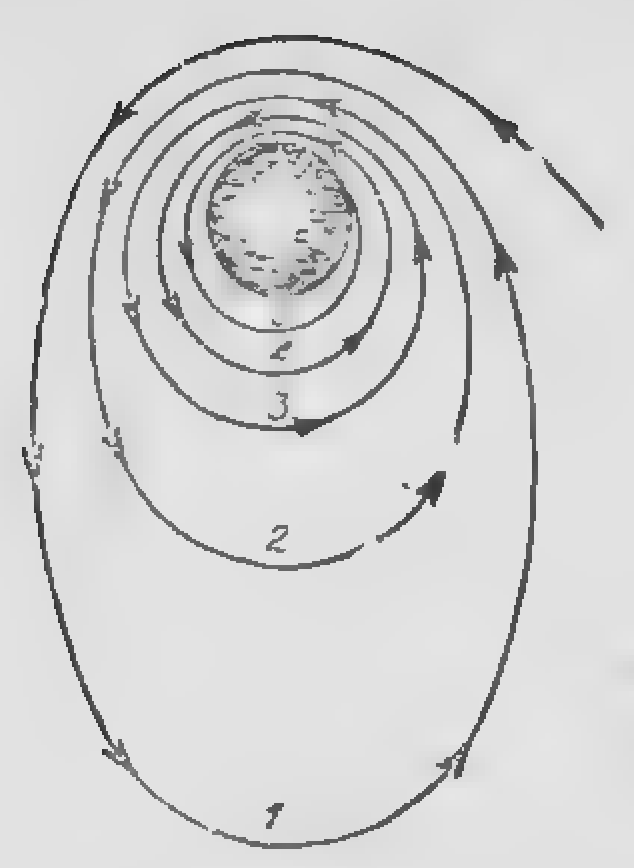
Вот при каких условиях будут отправляться космические дирижабли в свой межпланетный рейс. Первый этап — кружение около земного шара наподобие его спутника. Второй — странствование в отдаленные зоны нашей солнечной системы, к другим планетным мирам. То и другое нами уже рассмотрено. Следующий этап — спуск на планету — представляет гораздо больше затруднений, чем может казаться с первого взгляда. Ракета мчится с космическою скоростью; пристать прямо к планете, которая движется в другом направлении и с другой скоростью, — значит подвергнуть ракету сокрушительному удару и неизбежной гибели. Как избегнуть удара, как уменьшить скорость настолько, чтобы возможен был безопасный спуск на планету? Не забудем, что то же затруднение возникает при возвращении на нашу родную планету. Необходимо изыскать средства его преодолеть.

Здесь есть два пути. Первый — тот, к которому прибегает машинист, желающий быстро остановить мчащийся паровоз: он дает «контрпар», т. е. сообщает машине обратный ход. Ракета тоже может «дать контрпар», повернувшись отверстием трубы к планете и пустив в действие взрывание. Новая скорость, имеющая направление, обратное существующей, будет отниматься от последней и постепенно сведет ее к нулю (конечно лишь по отношению к планете). Это приводит однако к довольно безнадежным выводам. Если для отправления ракеты в путь понадобилось сжечь например такое количество взрывчатых веществ, масса которого составляла 0,9 массы ракеты, то, предполагая, что спуск состоится на Землю или на планету с равной силой тяжести (например на Венеру), для остановки

придется расходовать еще 0,9 остатка, а в оба раза $0,9 + 0,1 \times 0,9 = 0,99$ всей его массы. Остается всего 1% первоначальной массы. Надо значит устроить ракету так, чтобы масса ее оболочки составляла не более 1% массы снаряженной ракеты. Это уже достаточно трудно, — чтобы не сказать невозможно, — а ведь понадобится еще снова взлететь с посещенной планеты, истратив опять 0,9 оставшейся массы ракеты, да еще опуститься на земной шар с новым расходованием 0,9 остатка. В конечном итоге из 10 000 *кг* массы звездолета, отправившегося в межпланетный рейс, возвратился бы всего 1 *кг*...

Столь безотрадный вывод лишил бы нас всякой надежды на посещение крупных планет, если бы как раз эти планеты не были окружены атмосферой, которою можно воспользоваться в качестве своего рода воздушного тормоза. Тут мы подходим ко второму средству уменьшения скорости межпланетной ракеты. По проекту Циолковского, ракета может описывать постепенно суживающуюся спираль вокруг планеты, прорезывая всякий раз часть ее атмосферы и теряя поэтому с каждым новым оборотом некоторую долю своей скорости. Достаточно уменьшив стремительность движения, ракета совершит планирующий спуск на поверхность планеты, избрав для большей безопасности местом спуска не сушу, а море. Замечательно, что ту же идею об использовании тормозящего действия атмосферы высказал и подробно разработал независимо от Циолковского (хотя и позже его) немецкий исследователь межпланетных полетов инж. В. Томанн. Однако сказанное лишь облегчает решение, но не решает проблемы в ы с а д к и на планеты, особенно большие, с обратным подъемом. Это, в сущности, один из неразрешенных пока, даже в теории, вопросов звездоплавания.

Такова в главнейших своих очертаниях картина завоевания мирового пространства, рисующаяся нашему исследо-



41. Спиральный путь ракетного корабля, тормозящегося о земную атмосферу при возвращении из межпланетного полета.

вателю в дали будущего. Практика, без сомнения, внесет в нее значительные перемены. Не следует поэтому придавать абсолютного значения набросанному здесь очерку. Это лишь предварительный, ориентирующий план, с которым можно приступить к реальным достижениям. «Никогда не претендовал я, — пишет Циолковский, — на полное решение вопроса. Сначала неизбежно идут: мысль, фантазия, сказка. За ними шествует научный расчет. И уже в конце концов исполнение венчает мысль. Мои расчеты о космических путешествиях относятся к средней фазе творчества. Более чем кто-нибудь я понимаю бездну, разделяющую идею от ее осуществления, так как втечение моей жизни я не только мыслил и вычислял, но и исполнял, работая также руками. Однако нельзя не быть идее: исполнению предшествует мысль, точному расчету — фантазия».

К подготовительным опытам Циолковский считает возможным приступить теперь же, не откладывая их на неопределенное время; описанию таких работ, расчищающих путь к дальнейшим шагам, посвящен его краткий очерк «Космическая ракета. Опытная подготовка».

16.

ИСКУССТВЕННАЯ ЛУНА.

Внеземная станция.

Мы переходим сейчас к рассмотрению смелого проекта, который неподготовленному человеку покажется, вероятно, чересчур фантастическим, но который с логической необходимостью вытекает из современных звездоплавательных планов. Речь пойдет, ни мало ни много, о создании искусственного спутника Земли, который служил бы отправной станцией для дальних космических путешествий. Устройство такой внеземной станции настолько облегчает межпланетные полеты, что развитие звездоплавания едва ли сможет пройти мимо этого необходимого этапа.

В самом деле: мы видели, какие значительные количества горючего должна брать с собою космическая ракета, чтобы только отправиться в мировое пространство. Запасы эти становятся огромными, когда мы желаем так снарядить звездолет, чтобы он мог возвратиться на Землю; о чудовищных запасах горючего, необходимых для полета с высадкой на планете, мы уже не говорим. Но это — при условии, что отлет состоится непосредственно с земной поверхности. Дело существенно меняется, если звездолет отправляется в космический рейс не с Земли, а с внеземной станции, со спутника, свободно обращающегося вокруг Земли хотя бы на незначительном расстоянии (конечно за пределами атмосферы).

Возьмем частный пример. Мы желаем отправить нефтяную ракету в рекогносцировочный полет к лунной орбите и обратно. Для этого понадобятся — при отправлении непосредственно с Земли: начальная скорость около 11 *км/сек.* и запас горючего (нефти и жидкого

кислорода) примерно в 120 раз тяжелее незаряженной ракеты. Теперь вообразим, что отправление происходит не с Земли, а с искусственного спутника ее, кружащегося в расстоянии 40 000 *км* от земного центра. Тогда для такого же полета цифры получаются совершенно иные: *
начальная скорость (относительно станции) всего о д и н километр в секунду, и запас горючего, составляющий менее половины веса незаряженной ракеты. Разница огромная! Если мы не можем — и едва ли когда-нибудь сможем — соорудить звездолет, который был бы в сотню раз легче своего горючего груза, то вполне можем построить такой, который вдвое тяжелее этого груза. Для прочих межпланетных рейсов получаются сходные соотношения.

Отсюда ясны те перспективы, которые открываются для звездоплавания с созданием внеземной станции. Идея эта впервые высказана была Циолковским и настойчиво поддерживается теперь германскими теоретиками звездоплавания (Оберт, Пирке). Искусственная луна будет состоять, конечно, не из горных пород, как естественные небесные тела; это будет — подобно всем созданиям современной техники — металлическая конструкция. Она составится из частей ракет, последовательно пущенных в круговой полет около Земли и собранных в одно целое. Нам известно уже, что подобный круговой полет не должен постоянно поддерживаться расходом горючего: искусственная луна будет обращаться как естественная — по законам Кеплера и Ньютона.

Условия жизни на этой звездной базе — вернее, в н у т р и нее — будут совершенно своеобразны, напоминая собою отчасти режим подводной лодки. Однако в отличие от подводного судна здесь можно будет широко пользоваться даровой энергией солнечных лучей (сквозь стеклян-

* Расчеты приведены в Приложениях.

ные и кварцевые окна). Вполне осуществимо при подобных условиях выращивание растений, восполняющих своею деятельностью убыль кислорода от дыхания людей и вообще создающих в миниатюре тот круговорот материи и энергии, который мы наблюдаем в земной природе. Полное отсутствие тяжести наложит на этот мирок необычный, поистине феерический отпечаток (см. далее, гл. 19).

Обстановку жизни в подобном межпланетном вокзале Циолковский рисует следующими чертами: «Нужны (на станции) особые жилища — безопасные, светлые, с желаемой температурой, с возобновляющимся кислородом, с постоянным притоком пищи, с удобствами для жизни и работы. Эти жилища и все принадлежности для них должны доставляться ракетами с Земли в компактном виде, разниматься и собираться в пространстве, по прибытии на место. Жилище должно быть непроницаемо для газов и доступно для лучей света.

«Работы всякого рода тут удобнее производить, чем на Земле. Во-первых, потому, что сооружения могут быть неограниченно велики при самом слабом материале — тяжесть их не разрушит, так как ее тут нет. Во-вторых, человек здесь в состоянии работать при всяком положении, нет ни верха, ни низа, упасть никуда нельзя. Перемещаются все вещи при малейшем усилии, независимо от их массы и размера. Транспорт буквально ничего не стоит»...

Существует уже конструктивный эскиз подобной внеземной станции, распланированной на три корпуса: установку с солнечным двигателем, рабочую мастерскую и жилое помещение (обеспеченное, благодаря вращению, искусственной тяжестью). Проект этот разработан в немецкой книге Ноордунга «Проблема путешествия в мировом пространстве» (русск. перевод, 1935).

Ограничимся этими замечаниями и перейдем к астроно-

мическим элементам искусственного спутника. Он будет обходить кругом земного шара в некоторый промежуток времени, определяемый расстоянием этого спутника от центра Земли (3-й закон Кеплера). Если внеземная станция будет устроена на расстоянии одного земного поперечника от поверхности Земли, то период обращения составит всего $7^1/_3$ часов; станция будет обгонять Землю в ее суточном движении, восходить на западе и закатываться на востоке. Можно устроить станцию и на таком расстоянии, чтобы она обходила Землю ровно в 24 часа. Это осуществится при расстоянии в 6,66 земного радиуса от центра Земли (около 35 000 *км* от земной поверхности). Такая искусственная Луна будет вечно стоять в зените одного определенного места земного экватора — большое удобство для межпланетного вокзала. Станция окажется тогда словно на вершине невидимой и неосязаемой горы в 35 000 *км* высоты. С реальной вершины этой незримой горы и будут отправляться в межпланетное путешествие звездолеты дальнего следования, возобновив здесь запасы своего горючего, израсходованного на пути с Земли.

Отправление, как мы уже говорили, будет легкое. Разорвать цепь земного тяготения на такой высоте в $6{,}66^2$, т. е. в 44 раза легче, чем на земной поверхности.

Кроме того, сама станция обладает уже круговою секундною скоростью в 3,1 *км*, и чтобы превратить круг в параболу, понадобится лишь сравнительно умеренная добавочная скорость в 1,3 *км/сек*. Выгоды возрастут, если станция будет устроена на еще меньшем расстоянии, возможно ближе к земной поверхности.

Однако самое сооружение внеземной станции и достижение ее с Земли представит огромные трудности, несмотря на ее близость к Земле. Чтобы достичь такого расстояния от Земли и начать вечно обращаться здесь около земного шара, ракета должна быть отправлена со скоростью

10½ *км/сек.* Соответствующее отношение массы заряженной нефтяной ракеты к незаряженной равно 13,5. Отношение это надо увеличить до 15, чтобы ракета могла дополнительным взрыванием превратить свой путь в кругозой, т. е. войти в состав внеземной станции.

Мы видим отсюда, что сооружение внеземной станции — дело хотя и трудное, но все же легче осуществимое, чем непосредственное отправление звездолета в межпланетный рейс с обратным возвращением. (Ракеты со снаряжением для станции удается со временем, быть может, отправлять и без пилота).

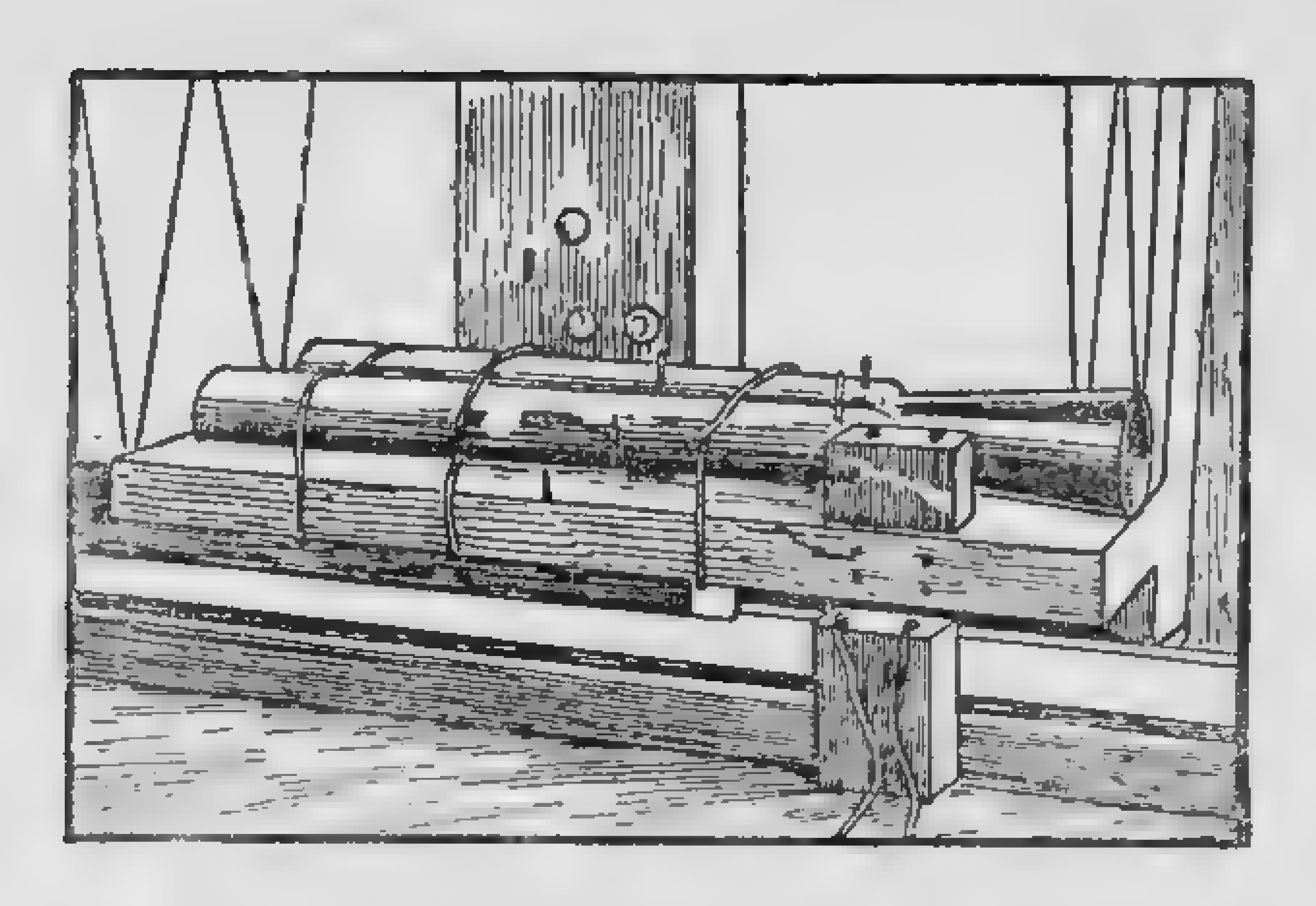
Вот почему создание внеземной станции явится неизбежным этапом в эволюции звездоплавания. Центр проблемы переносится сюда. Все дело — в одолении этого этапа. Если такая задача будет разрешена, остальное станет сравнительно легким делом. Внеземная база для межпланетных перелетов — одна из главнейших технико-астрономических задач, стоящих перед деятелями звездоплавания.

17.

ОПЫТЫ С НОВЫМИ РАКЕТАМИ.

От теоретических рассуждений перейдем наконец к практике. Достигнуто ли что-нибудь фактически в области осуществления смелых замыслов теоретиков звездоплавания? Да, достигнуто, — немногое, правда, но всё же начальные практические шаги на пути к завоеванию мирового пространства уже сделаны и притом вполне успешно.

Первые экспериментальные работы относились еще к пороховым ракетам, которые должны были служить целям звездоплавания. В 1919 г. профессор физики Вустерского университета (Калифорния) Роберт Годдард опубликовал отчет о своих исследованиях ракет. Работы его откры-

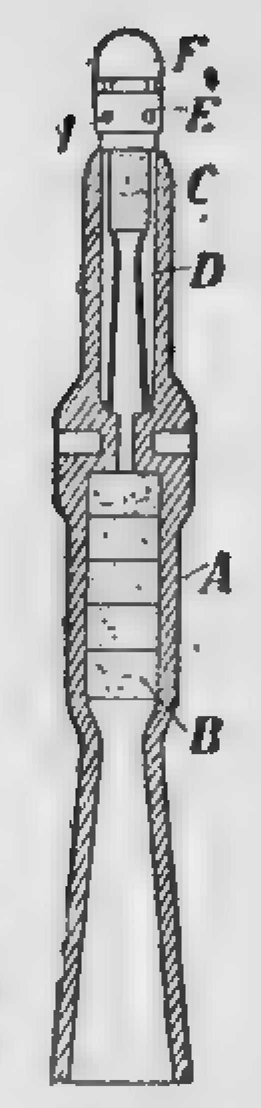


42. Приспособление Годдарда для исследования работы небольшой пороховой ракеты.

вают собою новую главу в истории ракетного летания. Американский ученый добился того, что устроенные им ракеты использовали не 2% энергии пороха, как все прежние, а в 31 раз больше — 62%.

Благодаря целесообразно подобранной форме ракетного сопла, пороховые газы, вытекающие из ракеты, имели скорость 2300—2400 *м/сек.* Материалом для сопла служила хромоникелевая сталь. Ракета получила устойчивость в полете благодаря вращающейся головке, которая приводилась в движение струями газов, вытекающих из ее косых каналов; головка ракеты играла роль волчка, который, как известно, стремится сохранить неизменным положение оси своего вращения.

Третье усовершенствование, введенное Годдардом в устройство ракет, заключается в осуществлении идеи ступенчатости. Сущность ее состоит в том, что ракета делается составной из нескольких отдельных ракет; зажигаются они, — конечно, автоматически, — одна после другой, по мере расходования заряда предыдущей; отрабо-



43. Одна из составных ракет Годдарда в разрезе.
F — головная часть, вращающаяся благодаря вытеканию газов из косых отверстий I и E, C — заряд меньшей ракеты, D — ее дюза, A — большая ракета с зарядом B и дюзой.

тавшие ракеты автоматически же сбрасываются, чтобы не служить мертвым грузом.

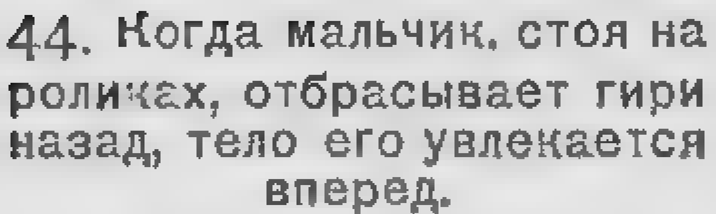
О некоторых результатах своих опытных работ проф. Годдард рассказал в популярной заметке, напечатанной им в одном американском журнале. Читателю небезинтересно будет познакомиться с ней.

Почему ракета летит в пустоте.

(«Popular Science Monthly», 1924).

«При обсуждении проекта ракеты, предназначенной для высоких подъемов, немало сомнений вызывает возможность для ракеты двигаться в почти пустом пространстве: возражают, что извергаемым газам в пустоте «не от чего оттолкнуться». Однако, вопреки распространенному мнению, взрывание в пустоте производит на ракету большее действие, нежели в воздухе. А если бы воздух был значительно плотнее, то взрыв не давал бы и вовсе никакого

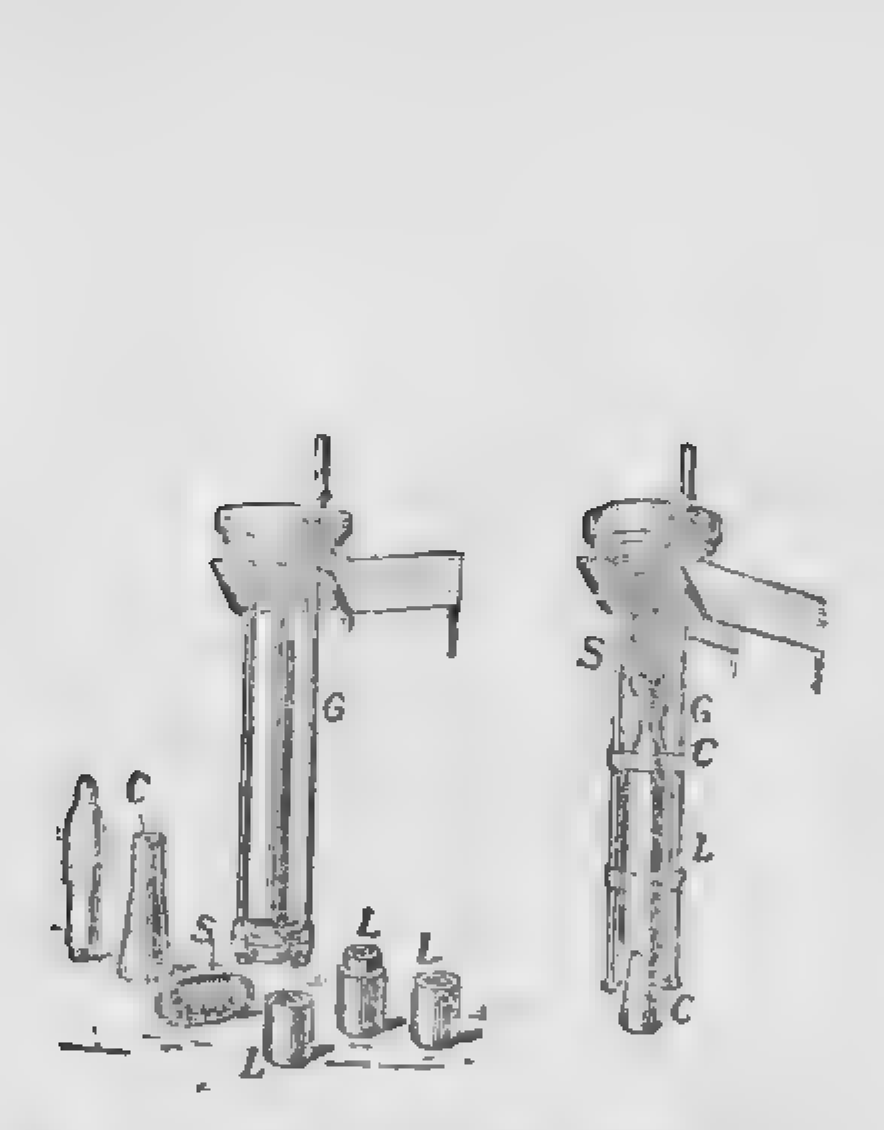


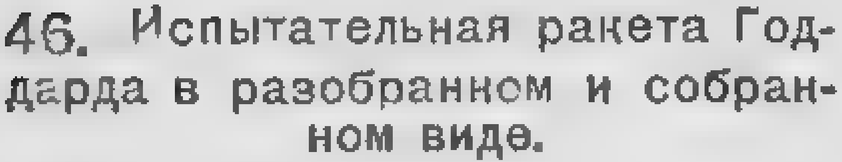

44. Когда мальчик, стоя на роликах, отбрасывает гири назад, тело его увлекается вперед.

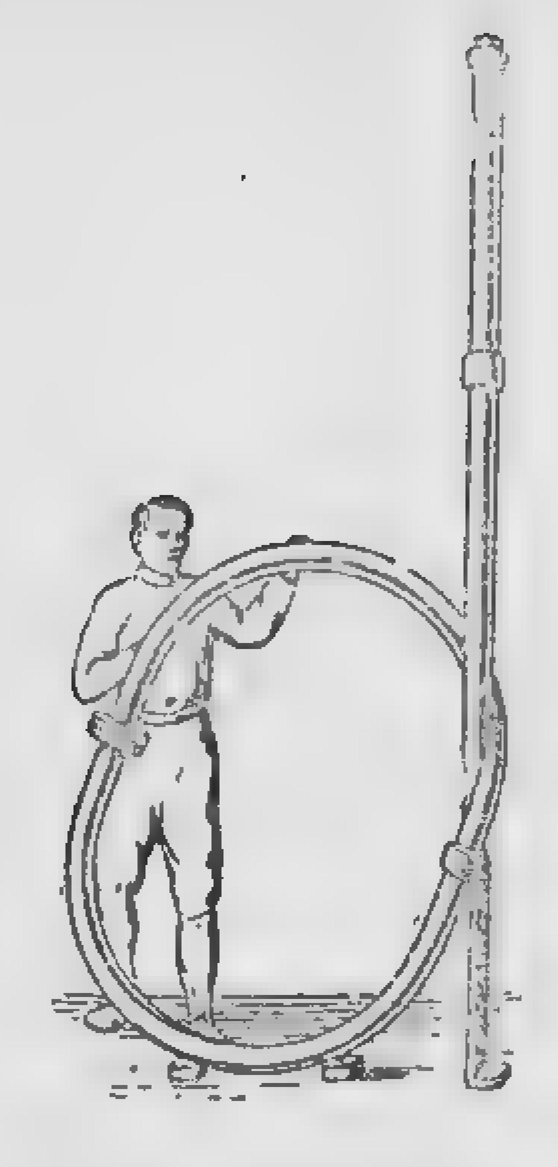


45. Опыт Годдарда с выстрелом в безвоздушном пространстве.

эффекта. На самом деле, единственное, что́ заставляет ракету двигаться вперед — это газы, вытекающие из ее трубки. Если мальчик, стоя на роликовых коньках, бросит какой-нибудь груз назад, он будет сам откинут вперед; и чем быстрее брошен груз, тем больший толчок вперед испытает бросающий. В пустоте газы из ракеты вытекают скорее, и потому ракета в пустом пространстве должна двигаться еще быстрее, чем в воздухе. Известно, что при взрыве патрона в револьвере происходит отдача. В аппарате, изображенном на рис. 45, разряжается холостой патрон револьвера, могущего вращаться вокруг оси: под колоколом воздушного насоса можно убедиться, что отдача происходит в пустоте. Когда же патрон взрывается в пространстве, где воздух настолько сгущен, что порохо-



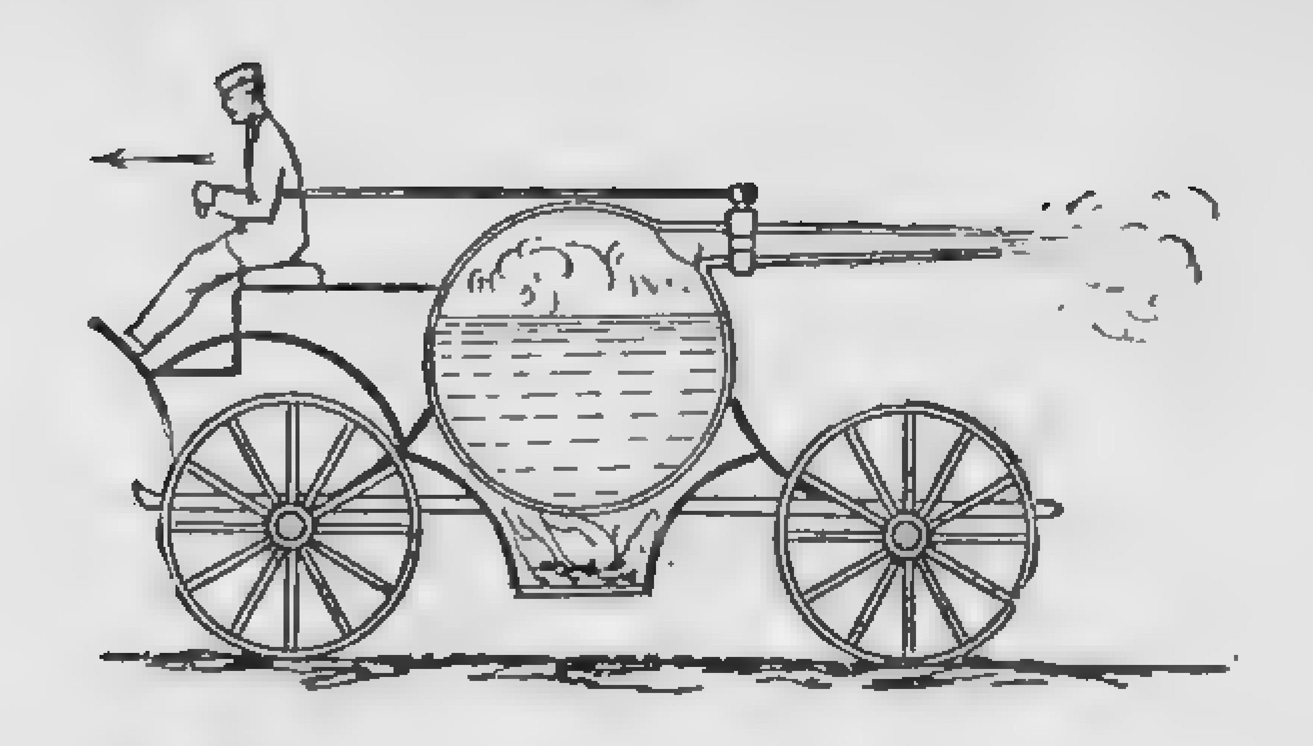

46. Испытательная ракета Годдарда в разобранном и собранном виде.


47. Трубка, куда вырывались газы ракет при опытах Годдарда.

вые газы вытекать не могут, револьвер не испытывает отдачи.

«Чтобы подтвердить сказанное, я зажигал ракету так, что газы устремлялись в резервуар, где воздух разрежен в 1500 раз. Ракета C (рис. 46) отягчена свинцовой муфтой L и подвешена к пружине S. При взрыве пороха в ракете газы вытекают вниз, а сама ракета отбрасывается вверх, отмечая величину поднятия чертой на закопченной стеклянной пластинке G. По величине поднятия ракеты можно определить силу, приводящую ее в движение. Газы врываются в пустую кольцевую трубку (рис. 47).

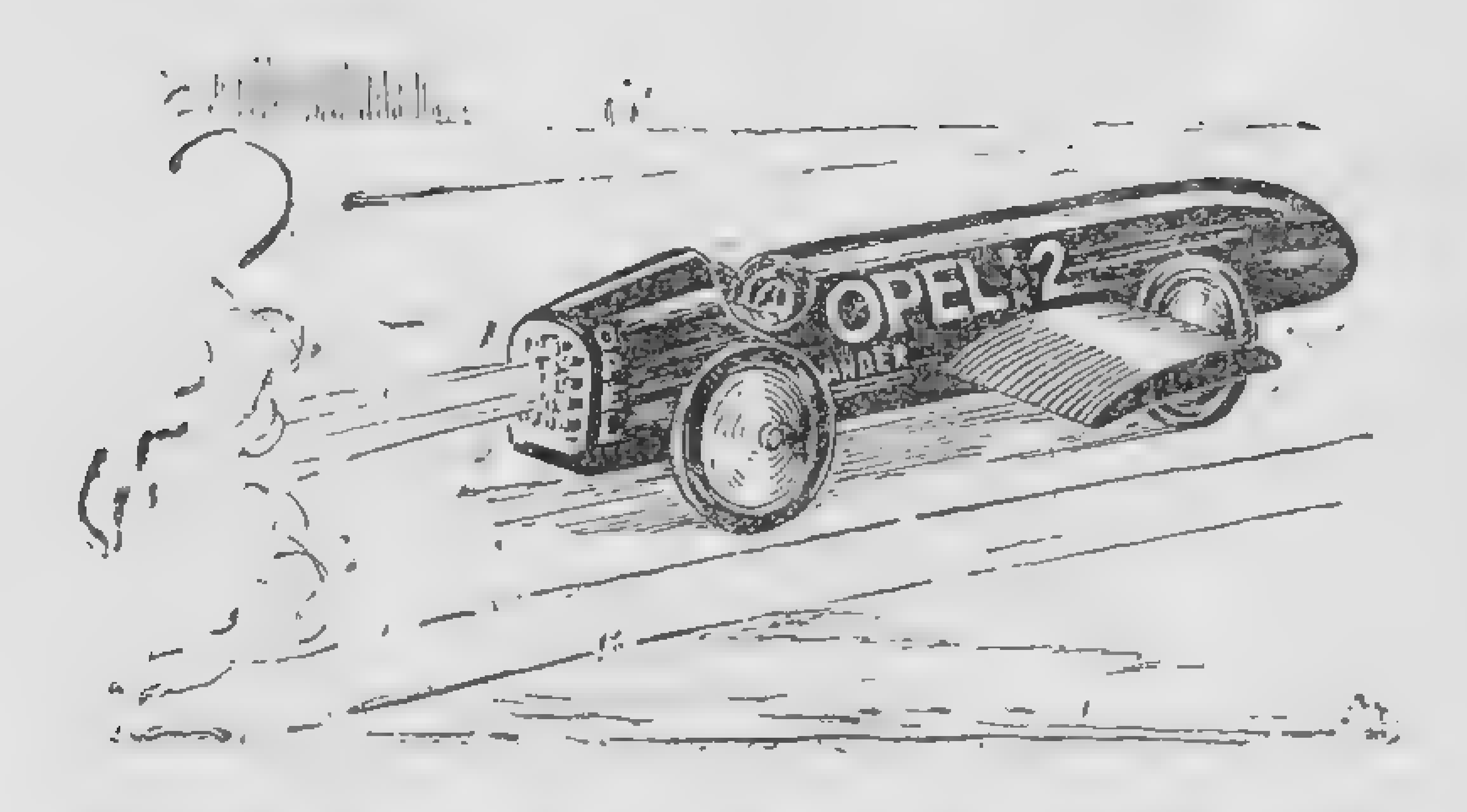
«Результаты 50 опытов показали, что сила, увлекающая ракету в пустоте, на 20% больше, чем в воздухе обычной плотности».



48. Паровая самодвижущаяся повозка — прообраз ракетного автомобиля (проект, приписываемый Ньютону).

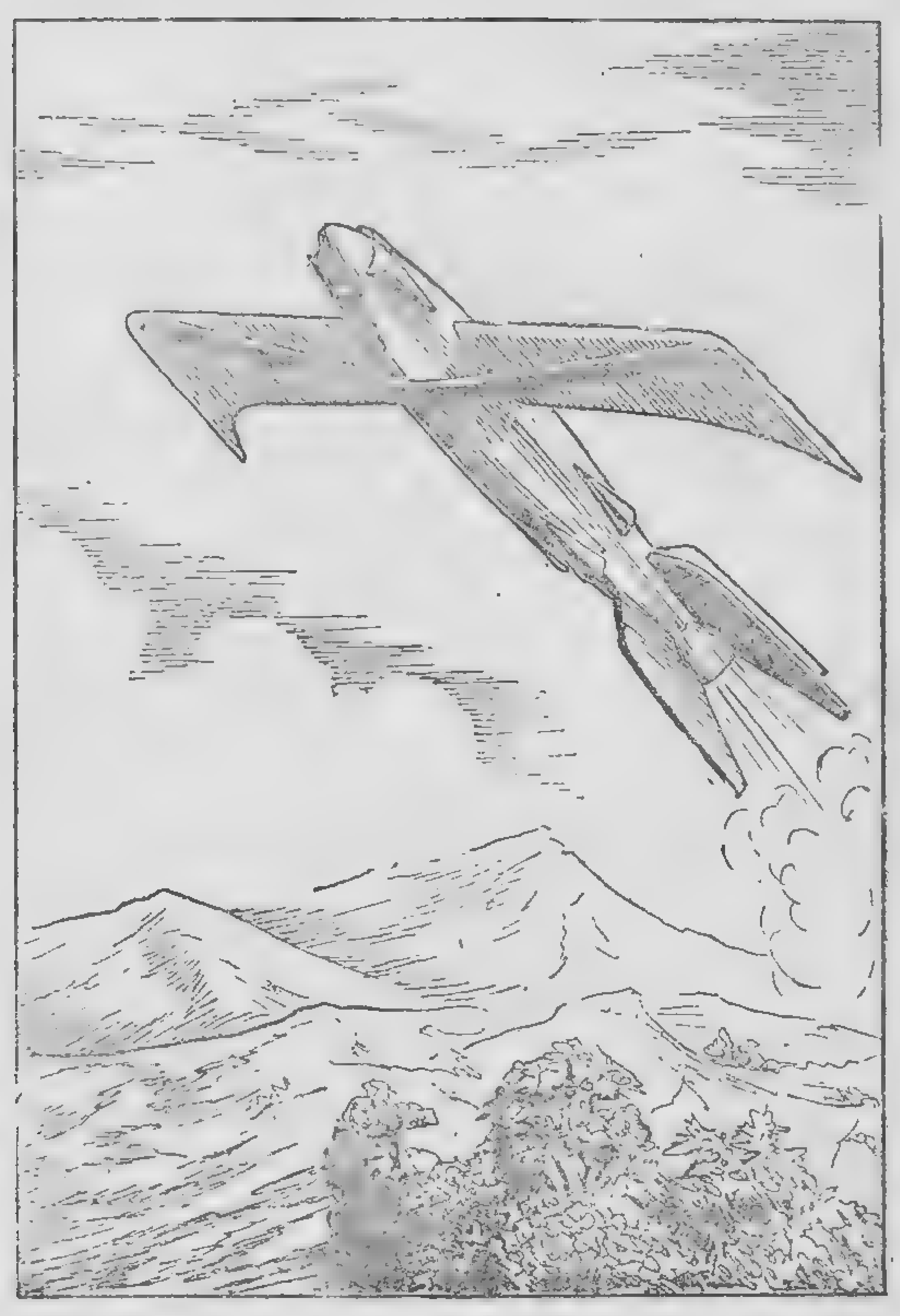
После этих остроумно выполненных опытов не может оставаться никаких сомнений в том, что газы ракеты способны двигать ее даже в совершенно пустом пространстве. Наряду с экспериментальными работами Годдард разработал и теорию ракетного движения, независимо от предшествовавших исследований Циолковского, с которыми американский ученый не был знаком. Он ясно сознавал, каким могущественным орудием для исследования вселенной может со временем служить ракета, и писал о проекте посылки ракеты на Луну. Это дало повод в 1924 г. американской печати сообщить сенсационное известие о том, что Годдард назначил летом упомянутого года отправление первой лунной ракеты. На мой телеграфный запрос по этому поводу Годдард ответил, что недостаток средств лишает его возможности осуществить подобные далеко идущие замыслы. Впрочем шумиха, поднятая прессой, имела и свою хорошую сторону, так как привлекла внимание широких масс к проблемам звездоплавания.

Работы Годдарда не остановились на этом этапе. Он перешел к экспериментированию над ракетами с жидким

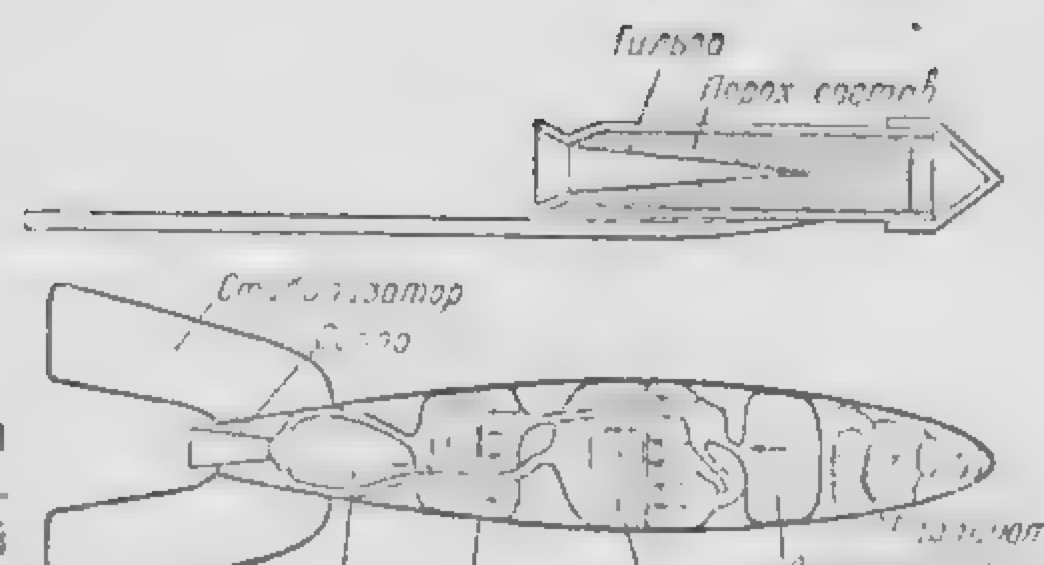


49. Ракетный автомобиль при старте. Боковые крылья служат для прижимания корпуса к земле давлением воздуха.

зарядом и достиг здесь безусловного успеха. В июле 1929 г им была пущена — впервые в истории ракетного дела — ракета, заряженная жидким горючим. Она имела в длину около 3 м, а в поперечнике — 80 см. Подожженная ракета ринулась ввысь с таким оглушительным грохотом, что внушила уверенность в катастрофической неудаче опыта. Газеты — при полном молчании изобретателя — оповестили мир, что ракета Годдарда взорвалась в момент отлета. Лишь спустя некоторое время американский физик счел возможным объявить, что испытание ракеты прошло вполне успешно: механизм работал исправно, горение — несмотря на громоподобный шум — протекало нормально, и парашют, автоматически отделившийся от ракеты в момент достиже-



50. Ракетоплан (крылатая ракета) близкого будущего.



51. Сравнительная схема фейерверочной и современной ракеты на жидком горючем (по М. К. Тихонравову).

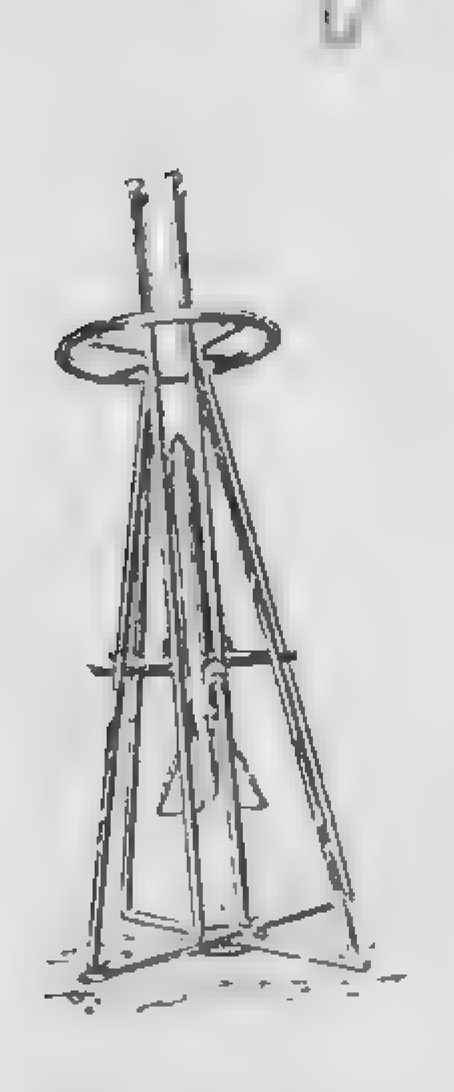
ния ею наибольшей высоты (300 м), благополучно доставил на Землю те приборы, которые несла с собой ракета (в их числе фотоаппарат и барометр-самописец). Но каково было устройство его ракеты, он не сообщает. Далее он говорит:

«Что касается вопроса о том, через сколько времени может состояться успешная отсылка ракеты на Луну, то я считаю это осуществимым еще для нынешнего поколения: сделанный мною удачный пробный подъем ракеты на небольшую высоту показал мне, как подобная (межпланетная) ракета должна быть устроена для успешного действия. Жидкие водород и кислород, необходимые в качестве горючего для такой ракеты, могут быть использованы тем же путем, как это сделано было мною в этом опыте. Я верю также в осуществимость океанских перелетов с огромной скоростью в разреженном воздухе больших высот. Обыкновенные самолеты неспособны выполнить подобный перелет, так как авиамотор не может работать в разреженном воздухе. Ракета же летит в такой среде еще лучше, чем в более плотной».

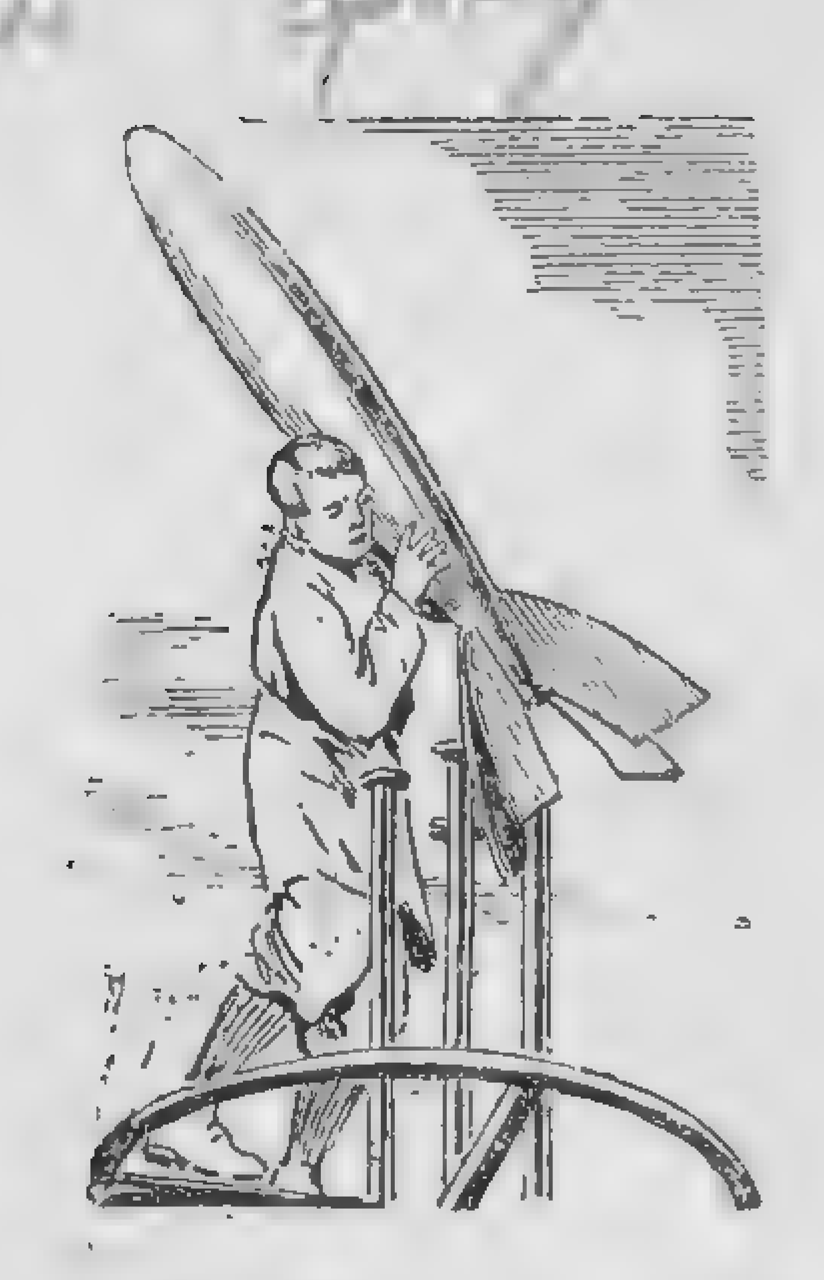
Скудность сведений о работах Годдарда объясняется тем, что они ведутся частью по заданиям военного ведомства, вследствие чего результаты их держатся в секрете. Ракета высокого подъема несомненно может служить страшным военным оружием. Полковник Ноордунг, автор немецкой книги «Проблема перелетов в мировом пространстве», пишет по этому поводу следующее:

«Дело идет здесь об обстреле крупных мишеней, каковы неприятельские главные города, промышленные районы и т. п. Если подумать о том, что при подобном обстреле заряды в несколько тонн могут быть перенесены ракетами совершенно безопасно через огромные расстояния к целям, расположенным в глубоком тылу; что ни один участок тыла не может быть обеспечен от подобной бомбардировки; что против нее нет никаких средств обороны — то станет ясно, каким могущественным оружием может явиться ракета».

В другом направлении велись в 1928 и 1929 гг. опыты в Западной Европе: автомобильный фабрикант Фриц Опель вместе с инженером-пиротехником Зандером приспособили ракету в качестве двигателя автомобиля. Построенные по этому принципу (в начале 1928 г.) автомобили имеют в задней части батарею из 1—3 дюжин толстостенных пороховых ракет, зажигаемых последовательно, по две, помощью электрического запала. Отверстия ракет обращены назад вследствие чего при их взрыве автомобиль увлекается вперед. Испытание автомобилей этого типа показало, что ракеты способны не только приводить экипаж в движение, но и сообщать ему весьма значительную скорость до 220 *км/час*. Скорость эту конструкторы надеялись довести впоследствии до 400 *км/час* и более. Запас пороха в ракетах — 100 *кг*. Через 8 сек. от начала взрывания автомобиль уже несся со скоростью 100 *км/час*. Опыт с ракетной дрезиной (на рельсах) по-



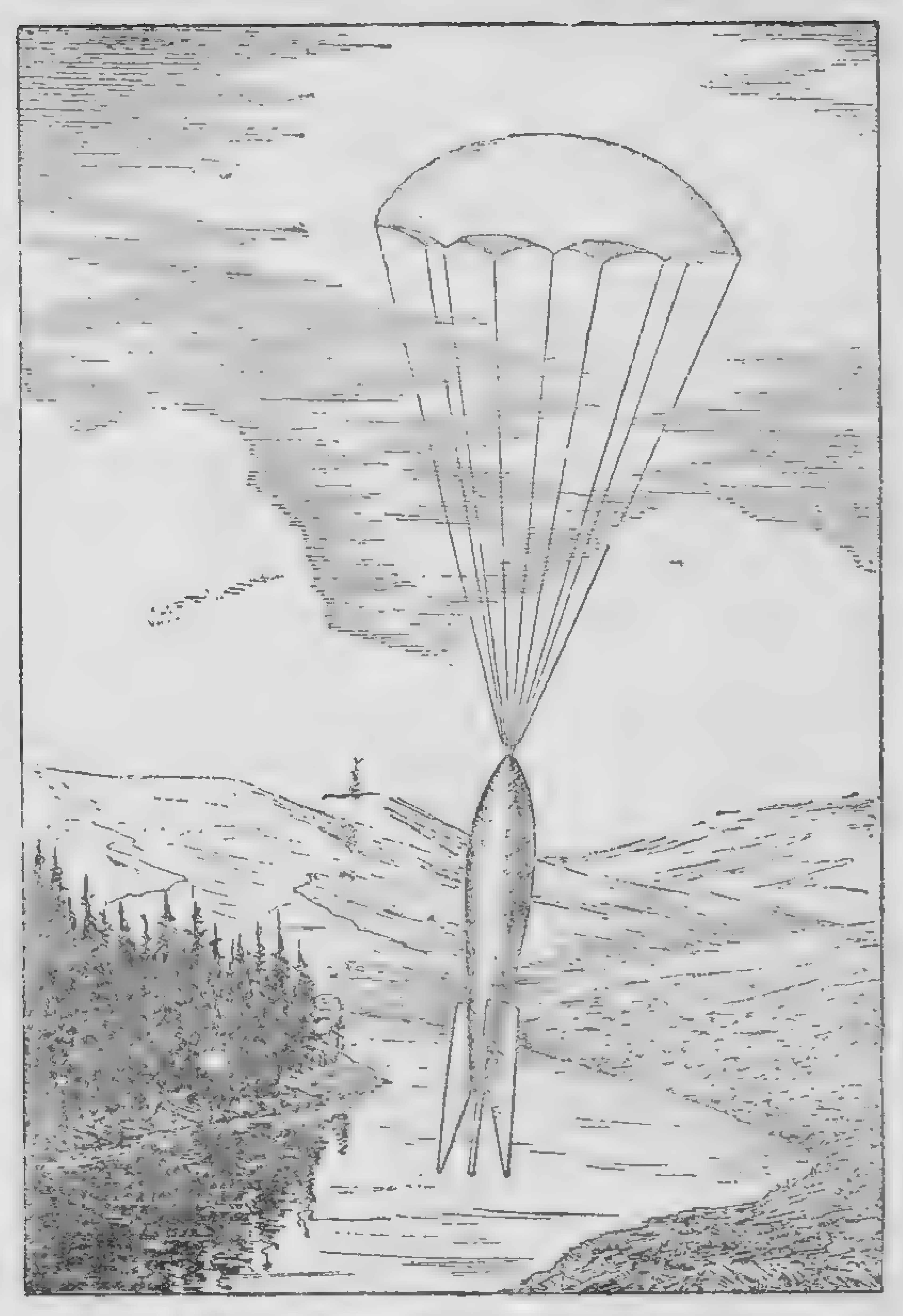
52. Стартовое приспособление на Берлинском ракетодроме.



53. Подготовка к пуску жидкостной ракеты (на Берлинском ракетодроме).

казал скорость 254 *км/час*, а с ракетными санями (1929 г.) до 400 *км/час*.

Большой ошибкой, однако, было бы думать, что в ракетном автомобиле, дрезине или санях мы имеем прообраз самодвижущегося сухопутного экипажа будущего. При тех скоростях, которые допустимы в сухопутном транспорте, ракетный двигатель невыгоден — он переводит в полезную механическую работу слишком ничтожную долю энергии потребляемого горючего (около 5%). Строители ракетного автомобиля сознавали это. «Хотя мы уже сейчас могли бы превзойти все до сих пор достигнутые ско-



54. Обратный спуск жидкостной ракеты на парашюте после достижения высшей точки подъема.

рости, — сказал Ф. **Опель** в речи, произнесенной при первом публичном испытании изобретения, — фирма отдает себе отчет в том, что ракетный аггрегат, обещая для сухопутного транспорта небывалые, считавшиеся до сих пор немыслимыми достижения, представляет в нынешнем виде лишь переходную ступень к ракетному аэроплану, а впоследствии — к космическому кораблю. Мы уже теперь в состоянии отослать ракету без пилота в высшие слои атмосферы и убеждены, что в недалеком будущем нам удастся проникнуть и в пустыню мирового пространства».

Эти слова выражают правильный взгляд на дело. Ракетный автомобиль — слишком расточительное изобретение. Будущее ракеты — не на земной поверхности, а в высших слоях атмосферы и за ее пределами — в мировом пространстве. Будущность имеет не ракетный автомобиль, не ракетный велосипед, не ракетные сани, не ракетная лодка, — а ракетный аэроплан (ракетоплан), могущий совершать полет в стратосфере с почти космической скоростью.

Первые шаги в деле создания аэроплана с ракетным двигателем уже сделаны. Совершался полет на планере с пороховыми ракетами (Штамер, 1928), на самолете с дюжиной ракет (Опель, 1929), на ракетном самолете (Эсперлауб, 1930, и Каттанео, 1931). Впрочем это были не подлинные полеты, а кратковременные взлеты, продолжительностью в 1—2 минуты. Для совершения более длительных полетов нужны такие запасы пороха, каких самолет не в состоянии поднять. Подлинный ракетоплан должен работать на жидком горючем. Отсюда очередная задача — создание ракетного двигателя с жидким горючим.

В эту сторону направлены усилия изобретателей во многих странах, в том числе и в СССР. Я уже говорил об успешном, повидимому, разрешении этой задачи американским физиком, проф. Годдардом. Не менее плодотворны

труды группы немецких инженеров, работающих на «ракетодроме», отведенном им под Берлином. Они построили и испытали ряд последовательно увеличивающихся моделей жидкостной ракеты: «Мирак I» (от слов «минимальная ракета», ми-рак), «Мирак II», «Мирак III», «Репульсор». Последняя модель совершила свой первый свободный подъем на ракетодроме 14 мая 1931 г., достигнув высоты 60 *м*; горючим служил бензин (0,3 литра), окислителем — жидкий кислород (1 литр.). Дальнейшим улучшением конструкции и увеличением заряда высота подъема доведена была до 4 *км*.

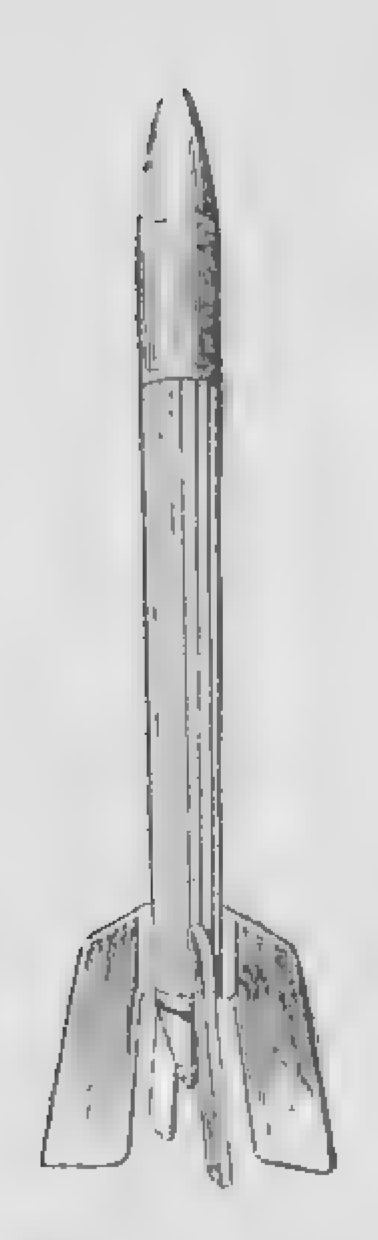
Достигнув высшей точки подъема, немецкая жидкостная ракета автоматически раскрывает парашют и плавно опускается на землю совершенно неповрежденной; она может быть вновь заряжена и опять пущена — в отличие от пороховой ракеты, не допускающей многократного использования. На берлинском ракетодроме произведено было свыше сотни публичных демонстраций подобного рода. Скорость вытекания продуктов горения из сопла достигала 2200 *м/сек.*

В задачу этой книги не входит описание конструктивных подробностей; схемы устройства германских моделей читатель найдет в книгах наших советских инженеров-изобретателей ракетных аппаратов: С. П. Королева «Ракетный полет в стратосферу» и М. К. Тихонравова «Ракетная техника», где подробно рассмотрена техническая сторона дела.* Не останавливаясь на трудах других, менее удачливых германских изобретателей (Валье, 1930; Винклер, 1931), перейду к работам в СССР.

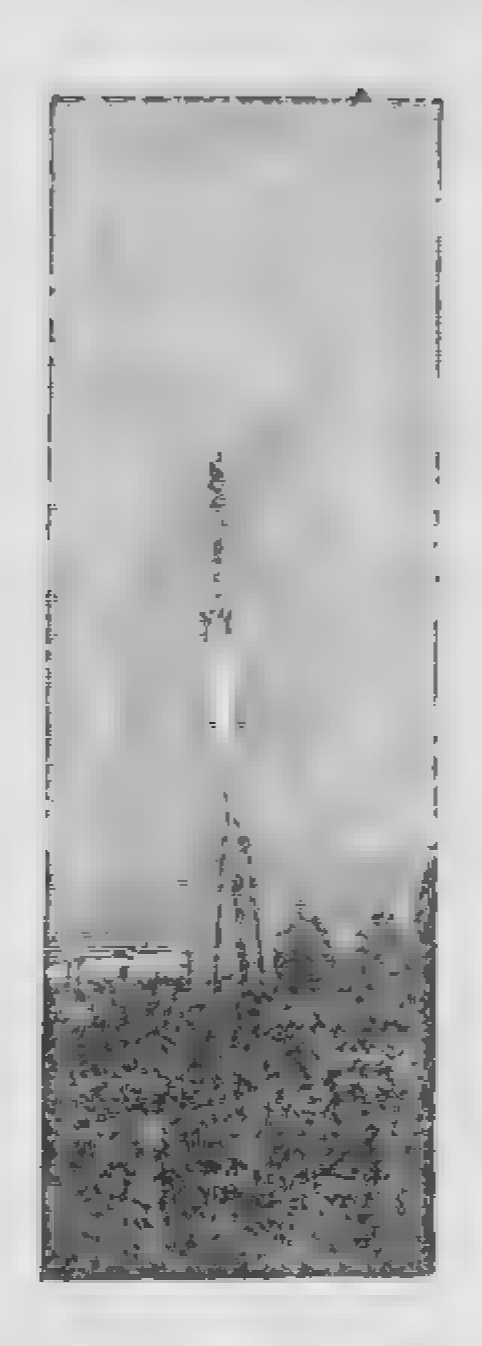
Надо заметить, что устройство германских ракет известно нам не во всех подробностях; некоторые ответственные детали держатся изобретателями в секрете (от-

---

* Содержание книг — см. далее, отдел «Приложений», гл. 12.



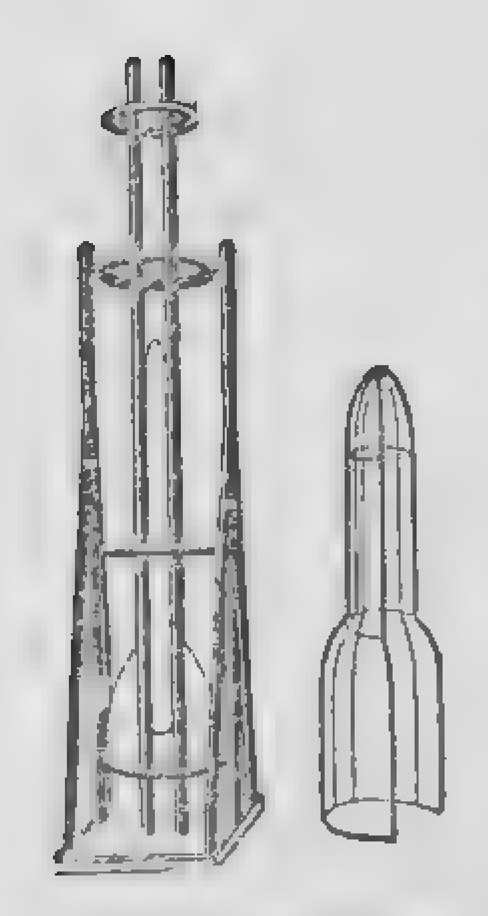
55. Жидкостная ракета советского изобретателя М. К. Тихонравова.



56. Пуск жидкостной ракеты инж. Тихонравова. (С фотогр).

части за неимением средств получить на них патент). При таких условиях советским работникам ракетного дела пришлось самостоятельно придумывать конструкции моторов для ракетопланов и бескрылых ракет.

Разработкой вопросов ракетной техники занимаются у нас в порядке общественном — активисты Осоавиахима и АвиаВНИТО (Авиационного научно-инженерного общества) в Москве, Ленинграде, Горьком и в других городах Союза. При Ленинградском аэроклубе существует сектор реактивного движения.



57. Проектируемая ракета инж. Л. К. Корнеева.

В Советском Союзе ракета, помимо целей обороны, должна служить прежде всего нуждам мирного социалистического строительства и — в первую очередь — научному исследованию стратосферы. Основной задачей является работа по созданию ракетного мотора, изыскание подходящих для него видов горючего, а также легких огнеупорных материалов и т. п. В работу над ракетной проблемой вовлекаются изобретатели и активисты различных специальностей.

В марте 1935 г. в Москве состоялась первая Всесоюзная конференция по применению ракетных аппаратов для исследования высших слоев атмосферы.

Были заслушаны доклады на следующие темы:

о достижениях ракетной техники, — инж. М. К. Тихонравова;

о крылатых ракетах для полета человека, — инж. С. П. Королева;

о применении ракет при старте самолетов, — инж. В. И. Дудакова;

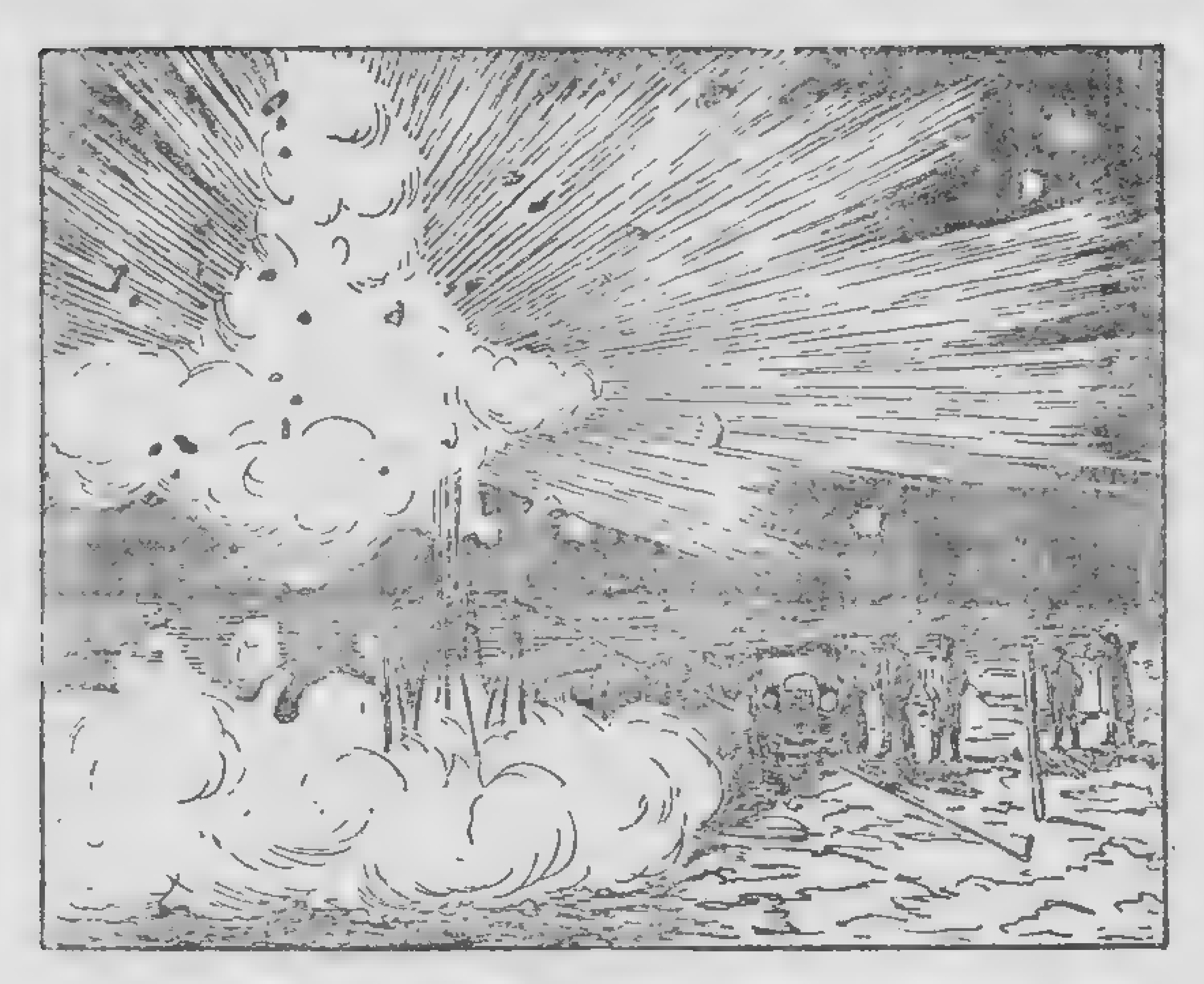
о горючем для жидкостных ракет, — В. П. Глушко

о динамике полета ракеты, — проф. В. П. Ветчинкина;

об аэродинамической трубе для больших скоростей, — инж. Ю. А. Победоносцева;

о деятельности ракетных секций Осо-авиахима в Москве (доклад И. Меркулова) и в Ленинграде (доклад инж. А. Н. Штерна).

Конференция постановила строить в 1935 г. крылатую ракету-лабораторию для полетов человека на небольших



58. Ракетная катастрофа. Взрыв ракеты пражского изобретателя Л. Оченазека.

высотах, а также стратосферную ракету для научных исследований.

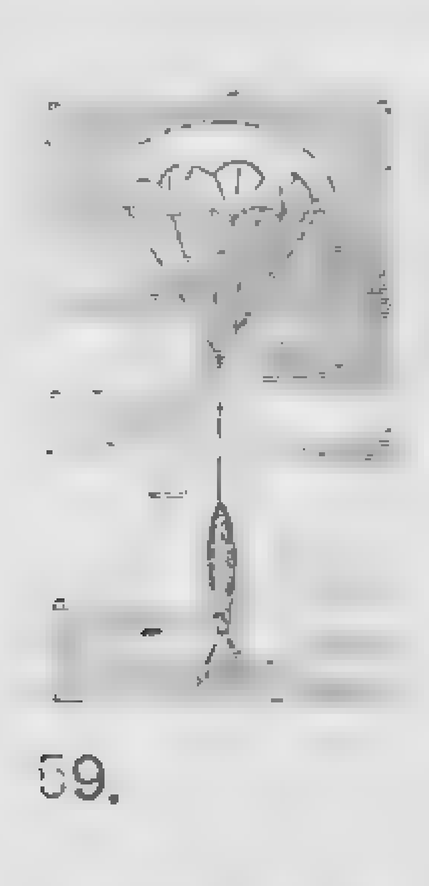
В системе Осоавиахима, как и в АвиаВНИТО, существует Стратосферный комитет, изучающий проблему овладения стратосферой, в частности помощью ракетных аппаратов. По поручению Стратосферного комитета АвиаВНИТО, инж. Л. К. Корнеевым разработаны проекты двух стратосферных ракет, рассчитанных на жидкое горючее.

Прибавим к сказанному, что, — как докладывалось на Всесоюзной конференции по изучению стратосферы в Ле-

нинграде, — в 1933—34 гг. в Москве была сооружена и испытана в полете до высоты 10 *км* жидкостная ракета (рис. 55 и 56).

Зондирование стратосферы ракетными аппаратами, несущими метеорологические самописцы, будет иметь огромное значение, так как никакими другими средствами невозможно достигнуть подобных высот. Стратостат ни при каком устройстве не сможет никогда подняться выше 40 *км*; рекордный подъем употребляемых теперь шаров-зондов — 36 *км*; радиозонды достигали несколько меньшей высоты.

Даже из приведенных в этой главе, далеко не исчерпывающих сведений ясно, какими быстрыми темпами развивается на наших глазах ракетная техника. Я особенно живо ощущаю эту разительную перемену, когда перелистываю первое издание настоящей книги. Высказанная на его страницах в 1915 г. уверенность в неизбежном покорении мирового пространства ничем не могла быть тогда подкреплена, кроме чисто теоретических доводов. Теперь же спустя всего двадцать лет, мы располагаем достаточными основаниями для глубокого убеждения, что дни великих триумфов ракетной техники уже недалеки.



59.

18.

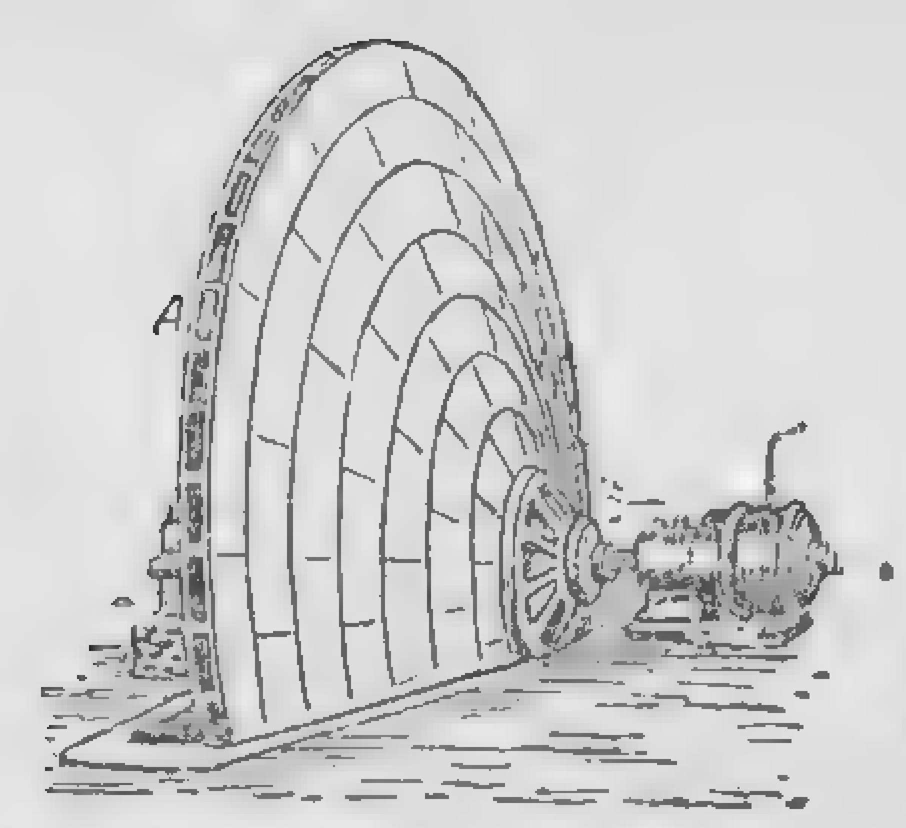
ДВА НЕСБЫТОЧНЫХ ПРОЕКТА.

Мы могли бы и не рассматривать несбыточных проектов межпланетных перелетов. Но задача наша состоит не только в том, чтобы познакомить читателя с реально достижимым в этой области: мы желали бы также рассеять и некоторые относящиеся сюда заблуждения. Не имеет никакого смысла перечислять и рассматривать все многочисленные «проекты» межпланетных перелетов, придуманные авторами фантастических произведений, так как сами авторы не придавали серьезного значения своим часто совершенно бессмысленным выдумкам. В первых главах нашей книги мы разобрали наиболее поучительные или внешнеправдоподобные идеи подобного рода: «кеворит» Уэллса, пушку Жюля Верна, давление световых лучей и некоторые другие, отбрасывая все прочие, как не заслуживающие никакого внимания и лишь засоряющие поле обсуждения.

Имеется однако еще два проекта, которые полезно рассмотреть, несмотря на их безусловную несостоятельность. Они получили у нас некоторую известность, так как неоднократно описывались в журналах, и представляются на первый взгляд легко осуществимыми. К сожалению, журналы не сопровождали их описание критическим разбором, и у многих читателей могло остаться убеждение, что мы имеем здесь хорошо продуманную техническую идею.

Оба проекта исходят из Франции. Первый из них предложен был в 1913 г. двумя французскими инженерами Масом и Друэ (Mas и Drouët) и описан известным техническим писателем Графиньи следующим образом:

«Представьте себе колесо огромного диаметра, несущее на окружности снаряд, который должен быть отброшен вдаль



60. Проект отсылки межпланетного вагона (*А*) вращением огромного колеса.

(рис. 60). Если при достаточной скорости вращения внезапно освободить снаряд, он полетит по касательной с той же скоростью, с какой двигалась соответствующая точка колеса. Устройство может быть упрощено: машина может состоять из двух параллельных брусьев, закрепленных посередине на оси. Противоположные концы брусьев могут быть снабжены с одной стороны метательным снарядом, с другой — противовесом равной массы. При длине брусьев в 100 *м*, каждый оборот дает путь в 314 *м*; значит, если довести скорость вращения до 44 оборотов в секунду, то крайние точки будут двигаться с секундною скоростью около 14 *км*.

«Если пожелаем развить такую скорость втечение нескольких минут, понадобится двигатель мощностью в миллион лошадиных сил. Это очевидно неприемлемо. Оставаясь в пределах существующих технических норм, придется действовать более медленно и ассигновать примерно 7 часов, чтобы добиться 44 оборотов в секунду; тогда достаточен будет двигатель в 12 000 лош. сил.

«Метательная машина, действующая так, как было объяснено, должна быть расположена где-нибудь над расще-

линой, например между скалами в горах. Она будет приводиться в движение от паровой турбины, а в нужный момент особый электрический аппарат освободит закрепленный на колесе снаряд, который и полетит вертикально к зениту».

Дальнейшее движение снаряда (вес которого — для двухмесячного путешествия трех пассажиров — будет достигать 4 тонн) предполагается по ракетному принципу.

«Корабль Вселенной должен быть снабжен внутренним двигателем, позволяющим увеличить его собственную скорость и управлять его движениями. Двигатель вовсе не должен быть очень сильным: аппарат, изолированный в пространстве и освобожденный от земного притяжения, перемещается с большою легкостью. Можно применить двигатель с «отдачей», основанной на принципе ракеты: он выбрасывает в пространство массу газа, истечение которого заставит аппарат отклониться. Чтобы получить отклонение в намеченном направлении, вытекание газа может быть произведено по желанию через тот или иной ряд труб, открывающихся наружу снаряда».

Почему надо считать этот проект несостоятельным? Прежде всего, огромные затруднения возникли бы при подыскании материала, который мог бы противостоять развивающейся при таком вращении огромной силе натяжения. По формулам механики легко вычислить, что при окружной скорости 14 *км/сек* и радиусе вращения в 50 *м* центробежная сила каждого грамма снаряда должна равняться

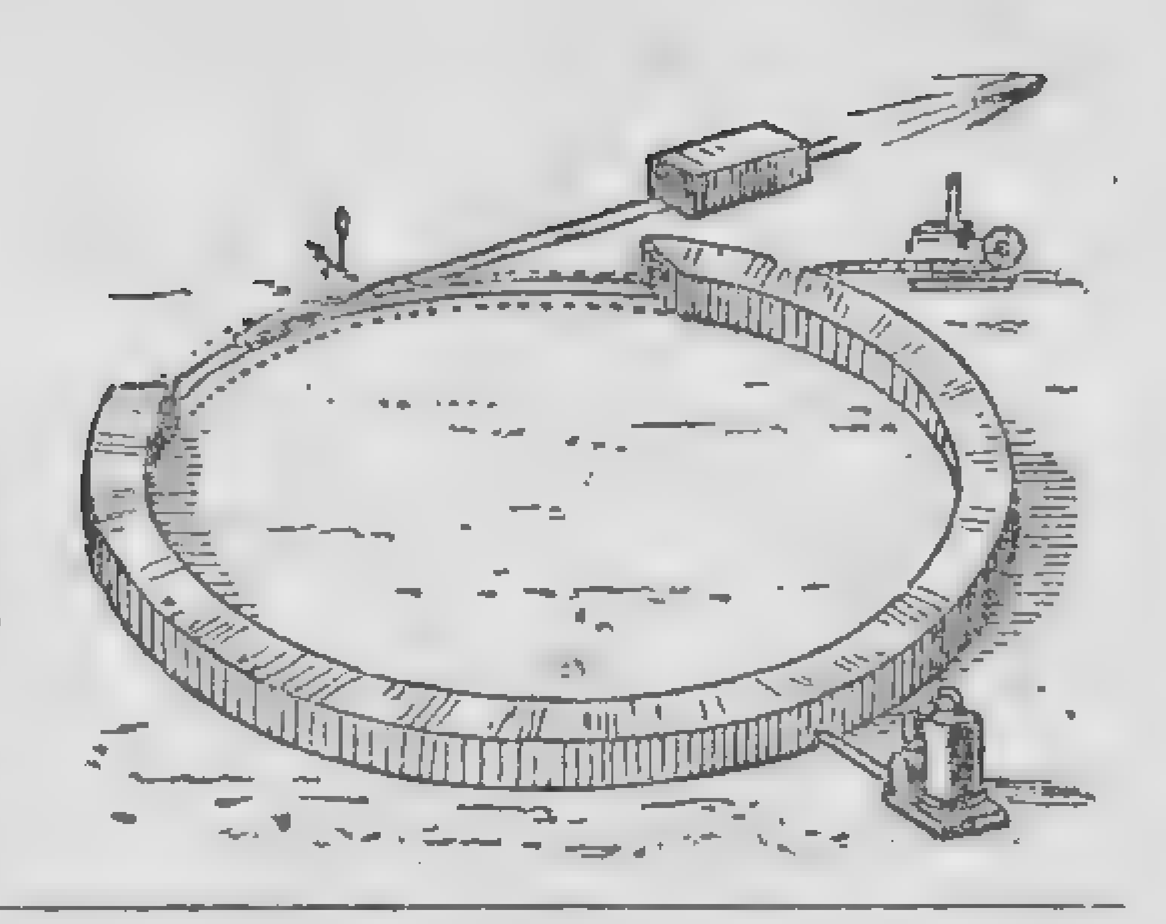
$$\frac{(1\,400\,000)^2}{980 \times 5000} = 400\,000 \text{ г} = 400 \text{ кг}.$$

Это значит, что брусья будут растягиваться с силою, превышающей вес снаряда в 400 000 раз. Так как снаряд предполагается весом 4 *т*, то сила натяжения брусьев исчи-

сляется в 1 600 000 *т*. Вспомним, что вся Эйфелева башня весит только 9000 *т*. Если изготовить брусья из лучшей стали, то, чтобы они могли безопасно выдерживать такое натяжение, им надо было бы дать, при квадратном сечении, толщину в 9 *м* — при условии, что такой чудовищный брус сам будет невесом...

Совершенно непреодолимо, кроме того, другое затруднение, — именно то, которое обусловлено увеличением тяжести внутри снаряда. Надо помнить, что и пассажиры снаряда, кружащиеся в этом колесе, к моменту отправления в космический полет сделаются в 40 000 раз тяжелее, и, конечно, будут раздавлены собственным весом. Отослать в полет живых пассажиров помощью такого колеса, очевидно, немыслимо.

Второй проект, — принадлежащий, повидимому, Графиньи, — кажется на первый взгляд более осуществимым. Здесь также используется инерция кругового движения, но большое колесо заменено неподвижным кольцевым рельсовым путем, проложенным внутри кольцевого туннеля; поперечник кругового пути — 20 *км*. По рельсам (рис. 61) скользит (под действием электрического тока) на обильно смазанных полозьях тележка, несущая на себе межпланетный снаряд-вагон. Движение тележки обусловлено особым двигателем, помещающимся вне ее и передающим ей свою энергию по проводу между рельсами. Так как двигатель работает непрерывно, то тележка должна скользить ускоренно. Для уменьшения сопротивления среды воздух внутри туннеля разрежается насосами. От кругового туннеля отходит, по направлению касательной, ответвление с наклоном вверх. Когда тележка со снарядом, сделав достаточное число оборотов по круговому пути, разгонится до скорости 12,5 *км/сек*, она автоматически переводится на ответвление, на котором и подвергается торможению. Движение тележки замедляется, но лежащий



61. Круговой крытый рельсовый путь для отлета в мировое пространство.

Вверху вправо—воздушный насос.

на ней снаряд соскальзывает по инерции с тележки и летит в атмосферу со скоростью 12,5 *км/сек*, которая по выходе из воздушной оболочки в мировое пространство понижается до 10,9 *км/сек*. Управление снарядом в его свободном полете предполагается осуществлять помощью реактивного двигателя.

Мы замечаем в этом проекте некоторые черты, сближающие его с проектом К. Э. Циолковского. Однако в только что изложенном виде идея Графиньи несбыточна (если даже считать скорость 12,5 *км/сек* достижимой), так как она не учитывает возрастания искусственной тяжести внутри снаряда к моменту его отправления в межпланетный рейс. Хотя тяжесть в данном случае значительно меньше, чем в предыдущем проекте — вследствие увеличения радиуса кругового пути, — но все же она достаточно велика, чтобы сделать проект несостоятельным. В самом деле: рассчитаем величину центробежной силы для каждого грамма снаряда. Она равна:

$$\frac{(1\,250\,000)^2}{980 \times 1\,000\,000} \approx 1600 \text{ г.}$$

Мы видим, что пассажиры к моменту отправления в космическое путешествие сделаются в 1600 раз тяжелее, — возрастание веса, безусловно смертельное. Значит, как бы постепенно ни нарастала скорость снаряда по окружности, его центростремительное ускорение неизбежно должно превзойти допустимую для живого существа норму.

Что же касается ракетного двигателя, управляющего снарядом в мировом пространстве, то сама по себе идея эта, как мы знаем, вполне целесообразна. Однако в рассмотренных проектах она совершенно не разработана и предположена так наивно, что не может в таком виде рассматриваться как серьезная техническая мысль.

Авторы проектов, очевидно, не дают себе отчета об условиях применения реактивного принципа.

Итак, оба изложенных французских проекта надо отнести к разряду совершенно неосуществимых.

19.

ЖИЗНЬ НА КОРАБЛЕ ВСЕЛЕННОЙ.

С завистью думает современный астроном о тайнах мироздания, которые увидит из кварцевых окон своего межпланетного корабля будущий моряк Вселенной. То, что смутно рисует нам слабый луч света, едва улавливаемый телескопом, во всей ясности предстанет изумленному взору космического путешественника. И кто предугадает, как чудесно расширятся тогда наши знания в мире миров, какие новые тайны исторгнет человеческий разум из глубин Вселенной!

Необычайное и новое ожидает будущего небесного странника не только за стенами его корабля. Внутри звездолета он также сможет наблюдать целый ряд необыкновенных

явлений, которые в первые дни путешествия будут, пожалуй, привлекать его внимание и поражать ум не менее, чем величественная панорама, расстилающаяся за окнами каюты.

Едва ли кто-нибудь даже во сне переживал ощущения, подобные тем, какие предстоит испытать будущему космическому страннику внутри звездолета. Это нечто поистине феерическое. В коротких словах речь идет о том, что внутри звездолета нет тяжести: все предметы полностью утрачивают в нем свой вес. Закон тяготения словно отменяется в этом маленьком мире. Достаточно немногих соображений, чтобы убедиться в неизбежности этого вывода, хотя и трудно привыкнуть к мысли, что внутри небесного корабля не обнаруживается ни одно из тех проявлений силы тяжести, к которым мы так привыкли на Земле.

Допустим сначала, ради простоты, что звездолет (или пушечный снаряд Жюля Верна) свободно падает в мировом пространстве. Сила внешнего тяготения должна действовать одинаково как на самый снаряд, так и на предметы внутри него; поэтому она должна сообщать им равные перемещения (ведь все тела, тяжелые и легкие, падают с одинаковой скоростью). Следовательно, все предметы внутри звездолета будут оставаться в покое по отношению к стенкам. Разве может тело «упасть» на пол каюты, если пол сам «падает» с точно такою же скоростью?

Вообще, всякое падающее тело не имеет веса. Еще Галилей в своем бессмертном «Собеседовании о двух новых науках» писал об этом в следующих картинных выражениях:

«Мы ощущаем груз на наших плечах, когда стараемся мешать его падению. Но если станем двигаться вниз с такою же скоростью, как и груз, лежащий на нашей спине, то как же может он двигать и обременять нас? Это подобно тому, как если бы мы захотели поразить копьем кого-

нибудь, кто бежит впереди нас с такою же скоростью, с какою движемся и мы».

При всей своей простоте, мысль эта настолько непривычна, настолько неожиданна, что, будучи даже понятна, неохотно принимается сознанием. Остановимся же на ней немного дольше. Перенеситесь мысленно например внутрь Жюль Вернова снаряда, свободно падающего в мировом пространстве. Вы стоите на полу каюты и роняете из рук карандаш. Естественно вы ожидаете, что он упадет на пол, Так полагал и Жюль Верн, не продумавший до конца своей собственной идеи. Но не то случится в действительности: карандаш повиснет в воздухе, нисколько не приближаясь к полу. По отношению к Земле, он, конечно, будет перемещаться под действием притяжения, — но точно такое же перемещение под действием тяжести получит и снаряд Если, например, земное притяжение втечение секунды приблизит карандаш к Земле на один метр, то и снаряд приблизится на один метр: расстояние между карандашом и полом каюты не изменится, а следовательно падения предметов внутри каюты не обнаружится.

Так будет не только внутри *падающего* звездолета, но и при подъеме его *вверх* и вообще при всяком свободном движении его по инерции в любом направлении в поле тяготения. Снаряд, летящий вверх, в сущности тоже падает: скорость его взлета все время уменьшается под действием земного притяжения на определенную величину, — именно на ту, на какую уменьшилась бы скорость снаряда за тот же промежуток времени, если бы ему не было сообщено движения вверх. То же самое должно происходить, конечно, и со всеми предметами внутри снаряда. Вы помните, как в романе «Вокруг Луны» труп собаки, выброшенный пассажирами из окна, продолжал в мировом пространстве следовать за снарядом и вовсе не стал падать на Землю. «Этот предмет, — замечает романист, — казался

неподвижным, как и снаряд, и, следовательно, сам летел вверх с такою же скоростью». Но если предмет казался неподвижным вне снаряда, то почему не должен он казаться таким же и внутри его? Удивительно, как близко можно подойти к истине и, не заметив ее, пройти мимо...

Теперь думается, достаточно ясно, что внутри межпланетного корабля не может наблюдаться падение тел. Но если предметы в каюте звездолета не могут падать, то не могут они и оказывать давление на свои опоры. Короче говоря, в межпланетном корабле все предметы становятся абсолютно невесомы.

Строго говоря, в этом любопытном факте не должно бы быть для нас ничего неожиданного или нового. Мы ведь нисколько не изумляемся, например, тому, что на Луне вещи тяготеют не к Земле, а к центру Луны. Почему же должны предметы внутри звездолета падать к Земле? С того момента, как ракета, прекратив взрывание, изменяет свой путь единственно лишь под действием притяжения Земли или иных мировых тел, — она превращается уже в миниатюрную планету, в самостоятельный мир, имеющий свое собственное, хотя и ничтожное, напряжение тяжести. Внутри снаряда могло бы проявляться разве лишь взаимное притяжение предметов и притягательное действие стенок снаряда. Но нам известно уже, как ничтожно взаимное притяжение мелких тел и какие медленные, незаметные движения оно способно вызвать. А влияние притяжения стенок снаряда должно быть еще менее заметно: в небесной механике доказывается, что если бы снаряд был строго шарообразный, то притягательное действие такой оболочки равнялось бы нулю, так как притяжение любого ее участка уравновешивалось бы обратным действием диаметрально противоположного участка.

По этому признаку — полному отсутствию тяжести — будущие пассажиры космического корабля безошибочно смо-

гут определить, не глядя в окно, движутся ли они вне Земли или нет. Для них немыслимы сомнения вроде тех, которые, по свидетельству Жюля Верна, будто бы смущали пассажиров снаряда в первые минуты межпланетного полета:

«— Николь, движемся ли мы?

«Николь и Ардан переглянулись: они не чувствовали движения снаряда.

«— Действительно, движемся ли мы? — повторил Ардан.

«— Или спокойно лежим на почве Флориды? — спросил Николь.

«— Или на дне Мексиканского залива... — прибавил Мишель».

Подобные сомнения совершенно невозможны для пассажиров свободно брошенного звездолета. Им не придется заглядывать в окно каюты, чтобы решить, движутся ли они: непосредственное ощущение невесомости сразу покажет им, что они уже перестали быть пленниками Земли и превратились в обитателей новой миниатюрной планеты, лишенной тяжести. *

Мы так привыкли к силе тяжести, не покидающей нас ни в железнодорожном вагоне, ни в каюте парохода, ни даже в гондоле аэростата или в сидении аэроплана — так сжились с этой неустранимой силой, что нам чрезвычайно трудно представить себе ее отсутствие. Чтобы помочь читателю вообразить себе, при каких необычайных, почти сказочных условиях будет протекать «невесомая» жизнь пассажиров в каюте межпланетного корабля, попытаемся набросать здесь некоторые черты этой своеобразной жизни.

Вы пробуете сделать шаг в каюте космического ко-

---

* Почувствовав себя невесомыми, они могли сделать только два предположения: либо снаряд свободно летит в пространстве, либо же земной шар внезапно утратил способность их притягивать. Теоретически оба допущения равноправны, практически же выбор между ними несомненен.

рабля — и плавно, как пушинка, парите к потолку: легкого усилия мускулов ног достаточно, чтобы сообщить вашему невесомому телу заметную поступательную скорость. Вы летите к потолку (нельзя сказать «вверх»: в мире без тяжести нет ни верха, ни низа), ударяетесь о него — и обратный толчок относит ваше невесомое тело снова к полу. Это плавное падение не будет грузным; вы почувствуете довольно легкий удар, но его достаточно, чтобы опять оттолкнуть вас к потолку, и т. д. Если, желая как-нибудь прекратить невольное и бесконечное колебание, вы ухватитесь за стол, то не пособите делу: стол, ничего не весящий, легко полетит вместе с вами и будет качаться туда и назад, попеременно отталкиваясь от потолка и пола. К чему бы вы ни прикасались — все немедленно приходит в движение, плавное, зато нескончаемое. Полка с книгами поплывет в воздухе, не растеривая своих книг; ящик с провизией и посудой будет витать «вверх дном», не роняя своего содержимого. Словом, в каюте небесного корабля будет царить хаос, исключающий всякую возможность спокойной жизни, если мы не позаботимся заранее привязать и привинтить все вещи к полу, к стенам, к потолку.

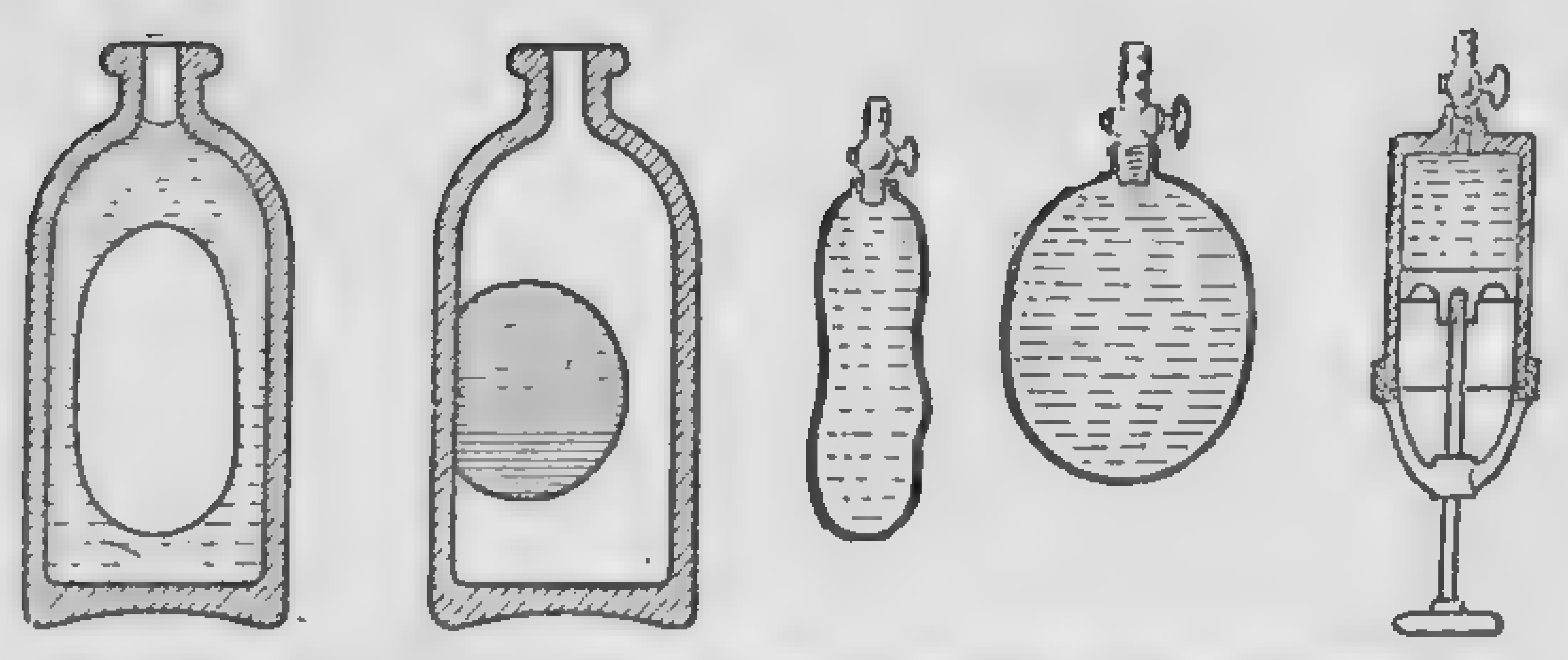
Многие предметы обстановки будут, впрочем, совершенно излишни в этом мире без тяжести. К чему стулья, если вы можете висеть в воздухе в любом положении, не утомляя ни единого мускула? Стол тоже бесполезен: все поставленное на него унесется, как пух, при малейшем толчке или дуновении. Лучше заменить его особым станком с зажимами. Не нужна вам и кровать: вы не удержитесь на ней и одной минуты — при малейшем движении улетите прочь; пружинный тюфяк будет бросать ваше тело к потолку как мяч. Чтобы спать спокойно, без невольных странствований по всем углам каюты, вам необходимо будет пристегнуть себя ремнями к ложу. Тюфяк — излишний предмет там, где нет тяжести; вам будет мягко и на жест-

ком полу: ведь ваше тело ничего не весит, не давит на пол, а следовательно вы не будете испытывать ощущения жесткости.

Буквально на каждом шагу будет подстерегать вас неожиданное и необычайное. Вы хотите налить воды для питья: опрокидываете невесомый графин над невесомым стаканом, но — вода не льется . . . Нет тяжести, значит, нет и причины, побуждающей жидкость выливаться из опрокинутого сосуда. Вы ударяете рукой по дну графина, чтобы вытряхнуть воду, и — новая неожиданность: из графина вылетает большой колеблющийся водяной шар, пульсирующий в воздухе. Это не что иное как огромная водяная капля: в мире без тяжести жидкость принимает сферическую форму, как масло в знаменитом опыте Плато. Если эта гигантская водяная капля ударится о пол или стенку каюты, она растечется по ним тончайшим слоем и расползется во все стороны. Придется брать с собою жидкости не в стеклянных и вообще твердых сосудах, а в резиновых вместилищах, из которых жидкость можно будет выдавливать.

Пить в межпланетном корабле тоже нельзя будет так, как мы привыкли. Зачерпнуть жидкость мудрено: она соберется в шар, если не смачивает стенок сосуда; и тогда вы не донесете до рта этой водяной пилюли — при малейшем толчке она умчится прочь. Если же жидкость смачивает стенки сосуда, то облечет ее со всех сторон, и вам придется подолгу облизывать сосуд, испытывая муки Тантала.

Приготовление обеда из невесомых продуктов будет сопряжено с немалыми и снова неожиданными затруднениями. Чтобы довести воду до кипения, придется повозиться чуть не целые сутки. В самом деле: при обычных условиях вода в кастрюле нагревается сравнительно быстро только потому, что нижние нагретые слои воды, как более легкие, вытесняются вверх холодными, выше лежащими; переме-



62. Жидкости в условиях невесомости. Налево — вода в бутылке (случай смачивания). Направо — ртуть, жидкость, не смачивающая стекла,—собралась внутри бутылки в большую каплю.

63. Бутыли для ракетного корабля.

Чтобы из бутылки возможно было в среде без тяжести извлекать содержимое, стенки ее должны быть кожаные (налево) или резиновые (в середине), или бутыль должна снабжаться поршнем (направо).

шивание происходит само собой, пока все слои воды не нагреются до кипения. Но пробовали ли вы нагревать воду сверху? Попробуйте; положите горячие уголья на металлическую крышку полной кастрюли — и вы убедитесь, что это бесконечная история: нагретый слой останется наверху, теплота будет передаваться нижележащим слоям только через воду же, — а теплопроводность воды, как известно, ничтожна; можно довести вверху сосуда воду до кипения и в то же время удерживать на его дне нерастаявшие куски льда. В невесомом мире звездолета также не будет этого благодетельного перемешивания слоев при нагревании жидкости: ведь нагретые и ненагретые слои одинаково невесомы; следовательно вскипятить всю воду в кастрюле обычным путем, без специальных мешалок, будет довольно трудно. В невесомой кухне невозможно и жарить на открытой сковороде; упругие пары масла тотчас же отбросят жаркое к потолку.

По той же причине — отсутствию перемещения нагретых

частей, — весьма трудно будет отопить каюту каким-либо нагревательным прибором.

Развязывая мешок с мукой или крупой, мы рискуем малейшим толчком рассеять в воздухе все его содержимое.

Даже обыкновенное пламя не будет гореть в каюте небесного корабля. Образующиеся при горении пламени негорючие газы — углекислота, водяной пар и др. — не могут здесь удаляться сами собой, как удаляются они на Земле вследствие высокой температуры. Они будут оставаться тут же, окружая пламя и прекращая к нему доступ воздуха. Пламя задохнется в продуктах собственного горения. Устроив в вагоне-ядре газовое освещение, Жюль Верн в сущности обрек своих героев на пребывание в темноте.

В будущем межпланетном снаряде освещение необходимо устроить электрическое, и даже для кухни придется пользоваться исключительно электрическими беспламенными нагревателями

Все эти житейские неудобства — курьезные, необычайные, неожиданные, но по существу безвредные и невинные, — заставят будущих моряков Вселенной отрешиться от многих укоренившихся привычек. Едва ли, однако, из-за одного этого будут отказываться от путешествия в таинственные глубины мироздания. Люди терпели более серьезные лишения, чтобы изучить нашу маленькую Землю — вспомним страдания полярных путешественников! — и, конечно, не остановятся перед ними, когда дело будет итти об исследовании Вселенной.

20.

ОПАСНОСТИ ЗВЕЗДОПЛАВАНИЯ.

Слушатели моих публичных лекций по звездоплаванию и читатели моих книг и статей нередко обращаются ко мне с вопросами, касающимися опасностей межпланетных пе-

релетов. Вопросы эти в большинстве случаев повторяют друг друга; нетрудно выделить среди них ряд наиболее типичных мыслей о возможных опасностях, подстерегающих ладью моряка Вселенной и несущих ему гибель. Здесь и встреча с метеорами, прорезающими в изобилии пустыни мироздания; и чудовищный холод мирового пространства; и невыносимая для живого организма скорость передвижения; и вредное отсутствие тяжести; и столь же вредное усиление тяжести при отлете; и неизбежное расплавление звездолета при проникновении через атмосферу с огромною скоростью; и смертоносные космические лучи, и давление солнечных лучей, способное нарушить расчисленный путь ракетного корабля, и еще много других опасностей, из которых каждая в отдельности достаточна, чтобы сделать предприятие невыполнимым.

Остановимся же на рассмотрении этих опасностей и выясним, в какой степени они реальны. Тем самым будут, я надеюсь, рассеяны и устранены наиболее распространенные недоумения и заблуждения, которые связаны с новым родом транспорта, рождающимся на глазах нынешнего поколения.

Встреча с метеорами.

Возможная встреча звездолета с одним из тех твердых обломков, которые стремительно прорезают мировое пространство, представляет в глазах многих самую серьезную опасность для будущих ракетных кораблей. Количество метеоров, каждые сутки обрушивающихся на земной шар со скоростью десятков километров в секунду, исчисляется миллионами. От этой небесной бомбардировки нас спасает воздушная броня, окружающая Землю.

Но что оградит от нее звездолет, вынесшийся за пределы атмосферы? Не будет ли ракетный корабль сразу же

осыпан градом метеоров, которые пронижут его тонкую оболочку, повредят механизм, выпустят запасы горючего и воздуха?

Ближайшее рассмотрение вопроса показывает, что подобные опасения лишены основания. Забывают, что если для огромного земного шара метеоры являются густым градом, то для звездолета, поверхность которого в десятки миллиардов меньше поверхности нашей планеты, те же метеоры рассеяны крайне просторно. Известный немецкий астроном К. Граф высказался по этому поводу так:

«С метеорной опасностью можно почти не считаться. Даже в густых метеорных потоках одна крупинка массою меньше грамма попадается в сотне кубических километров — в объеме, едва охватываемом нашим воображением. А опасность прямого столкновения с более крупными метеорами равна нулю».

Подтверждение этих слов находим и у других астрономов. В. Мейер в книге «Кометы и метеоры» писал: «Для потока леонид 1866 года найдено, что в самой плотной его части твердые крупинки разделены промежутками в 110 *км*». Согласно проф. Ньютону, знатоку метеорной астрономии, расстояние между соседними метеорами в рое еще больше: около 500 *км*. Меньшую, но достаточно внушительную оценку взаимной удаленности метеоров дает советский астроном С. Г. Натансон для звездного роя Драконид, встреча с которым породила «звездный дождь» 9 октября 1933 г.: в наиболее густой части этого богатого роя «отдельные частицы * отстояли друг от друга на 60 километров, — что дает один метеор на 250 000 куб. километров». После этого для читателя не будет неожиданным расчет проф. Оберта, утверждающего, что «ракета должна странствовать в миро-

---

* Не забудем, что речь идет о крупинках массою в несколько миллиграммов.

вом пространстве 530 лет, прежде чем встретит один метеор... С этой точки зрения путешествие в звездолете во всяком случае не столь опасно, как например езда на автомобиле».* К сходному выводу пришел, на основании своих вычислений, и проф. Р. Годдард. По его расчетам, вероятность встречи ракеты с метеором во время перелета Земля — Луна определяется дробью порядка 1 : 100 000 000.

Холод мирового пространства.

Другая опасность, по мнению многих, подстерегающая будущего моряка Вселенной, — страшный холод мирового пространства, достигающий —270°. Такой сильный холод неизбежно должен проникнуть сквозь металлические стенки космического корабля и заморозить его пассажиров.

Опасения эти, однако, основаны на простом недоразумении. Когда о «температуре мирового пространства» говорит физик, он хорошо знает, что́ надо под этим разуметь. Но в широкой публике с теми же словами связаны крайне смутные и сбивчивые представления. Температурой мирового пространства называют ту температуру, какую принимает абсолютно черное тело,** защищенное от солнечных лучей и удаленное от планет. Но звездолет ни в коем случае не есть тело, защищенное от солнечных лучей. Напротив, он непрерывно купается в лучах Солнца, непрерывно прогревается ими. Расчет показывает, что шар из теплопроводного вещества (металла), помещенный в подобных условиях в расстоянии 150 миллионов километров от Солнца, должен иметь температуру на 12° выше нуля Цельсия, а тело формы ракеты — даже на 29° выше нуля. Если

* Утверждение, нисколько не преувеличенное: в одном лишь Ленинграде втечение 1934 г. зарегистрировано свыше 72 000 транспортных аварий на улицах!

** Т. е. тело, поглощающее все падающие на него лучи.

же одна сторона ракеты зачернена, а другая блестящая, то температура звездолета может колебаться — в зависимости от поворота его к Солнцу — между 77° выше нуля Цельсия и 38° ниже его. Мы видим, что пассажиры ракетного корабля будут иметь возможность, поворачивая его различным образом относительно Солнца, поддерживать внутри каюты, смотря по желанию, любую температуру — от сибирского мороза до зноя Сахары.

Практика подъемов на стратостатах вполне подтверждает эти теоретические соображения. Так, при первом подъеме на высоту 16 *км*, когда термометр снаружи гондолы показывал мороз более чем в полсотни градусов, проф. Пикар испытывал внутри нагреваемой солнечными лучами гондолы жар в 40° Ц. «Пришлось раздеться до нага. Очень жарко», — записал он в дневнике. Гондола, которая была окрашена наполовину в черный, наполовину в белый цвет, оказалась повернутой к Солнцу черной половиной — отсюда и сильное нагревание (поворотный механизм не действовал). Во втором полете Пикара, когда гондола была окрашена вся в белый цвет, температура внутри ее, при достижении высоты 16 *км*, была минус 17° Ц. «Мы сильно зябнем», — записывает Пикар в дневнике. Советские стратонавты избегали крайностей тепла и холода в гондоле благодаря удачно выбранной окраске ее наружной поверхности.

Чрезмерная скорость.

Многих пугает огромная скорость, с какой звездолет будет мчаться в мировом пространстве. Человеческий организм однако способен выдержать любую скорость по той простой причине, что он вообще не ощущает никакой скорости. Разве чувствуем мы, что наше тело ежесекундно перемещается вместе с земным шаром на 30 *км*, а вместе

с Солнцем — еще на 20 км? Для организма опасна не скорость сама по себе, как бы велика она ни была, а изменение скорости, переход от одной скорости к другой, т. е. то, что в механике называется «ускорением». Ускорение же ощущается нами как усиление или ослабление силы тяжести — эффект, который, как и полная невесомость, будет сейчас рассмотрен особо.

Отсутствие тяжести.

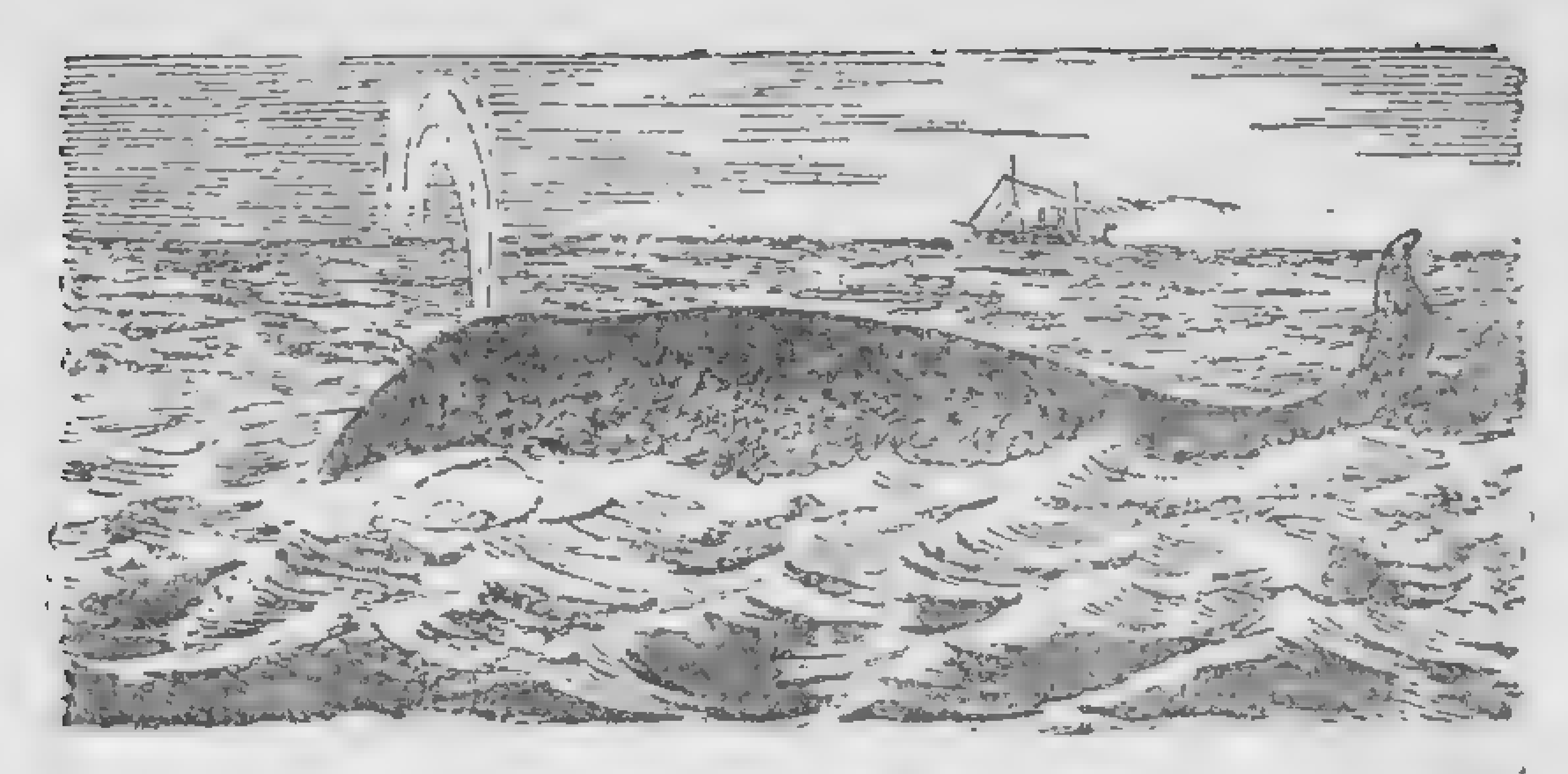
Часто высказываются опасения, что последствия для живого организма от помещения его в среду без тяжести должны быть роковыми. Опасения эти, однако, ни на чем, в сущности, не основаны. Вспомним, что обитатели вод, т. е. ¾ всего земного шара, почти невесомы, — во всяком случае живут в условиях, весьма сходных с состоянием невесомости. Кит, млекопитающее, дышащее легкими, может жить только в воде, где чудовищный вес его сводится к нулю. Вне воды он раздавливается собственным весом. Если систематически рассматривать, какие именно функции нашего организма могли бы серьезно расстроиться вследствие утраты веса, то окажется, что таких функций нет. *

«Отсутствие тяжести, — пишет Г. Оберт, — не может причинить нам никакого физического вреда. Уже тот факт, что все жизненные процессы протекают в нашем теле как при его отвесном, так и при горизонтальном положении, доказывает, что мы (в отличие от растений) не приспособлены лишь к определенному направлению тяжести».

Невесомость, по исследованиям Оберта, может оказы-

---

* Многих смущает тот общеизвестный факт, что человек, подвешенный вниз головой, погибает; отсюда делают вывод о важном значении для нашего организма надлежаще направленной силы тяжести. Однако из того, что при определенном направлении своего действия фактор оказывается вредным, никак не следует, что и полное отсутствие этого фактора также будет вредно.



64. Обитатели вод практически невесомы. Исполинский кит, находясь в воде, полностью утрачивает свой вес.

вать на человека вредное психическое действие. В первые моменты, особенно при внезапном переходе к условиям невесомости, ощущается безотчетный страх. Но мозг и внешние чувства функционируют необыкновенно интенсивно, мысли четки и безукоризненно логичны. Течение времени кажется замедленным; устанавливается своеобразная нечувствительность к боли и чувство безразличия. Позднее эти явления исчезают и уступают место ощущению свежести и повышенного напряжения жизненных явлений, сходному с действием возбуждающих нервы средств. Наконец, по истечении некоторого времени, психическое состояние возвращается к нормальному, хотя пребывание в среде без тяжести продолжается.

Того же мнения о физиологической безвредности отсутствия тяжести придерживался и К. Э. Циолковский:

«Во время падения или простого прыжка на нашей планете, пока мы еще не коснулись ногами ее почвы, мы также находимся, по отношению к нашему телу, одежде и предметам, при нас находящимся, в среде, свободной от тяжести.

но явление это продолжается много-много полсекунды; втечение этого промежутка времени части нашего тела не давят друга на друга, пальто не отягчает плеч, часы не оттягивают кармана. При купании на Земле вес нашего тела также почти парализуется выталкивающим действием воды. Такое отсутствие веса может продолжаться неопределенно долгое время. Отсюда видно, что едва ли нужны какие-либо особые опыты для доказательства безвредности среды, лишенной тяжести».

Во время свободного падения тело не имеет веса, так что человек, падающий с высоты, находится в условиях невесомости. Но падение само по себе не причиняет никаких расстройств. Летчики, сбрасывающиеся с парашютом, около 12 секунд падают с возрастающей скоростью. Они не становятся совершенно невесомыми, так как из-за сопротивления воздуха ускорение их падения меньше ускорения свободно падающего тела. Но все же вес их уменьшается довольно значительно, и это не отражается на самочувствии опытного парашютиста. Артисты, выполняющие номер «человек-снаряд» (их выстреливают из пружинного * орудия), пребывают во время своего перелета в состоянии невесомости до 4 секунд, не испытывая при этом никаких болезненных ощущений. **

Отметим еще ошибочность мнения (высказанного некоторыми критиками моей книги), будто невесомый воздух внутри межпланетного дирижабля не должен оказывать никакого давления. Если бы это было верно, то, конечно, целый ряд явлений внутри небесного корабля происходил бы не так, как описано в главе 19. Но в действительности давление воздуха при данных условиях нисколько не связано с его весомостью. Весомость, конечно, была причиною

---

* Но никак не из порохового. Дым, видимый публикой, — чисто декоративный.

** См. «Занимательную механику» Я. И. Перельмана.

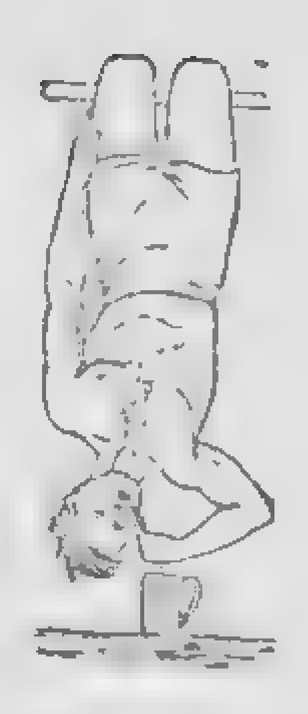


65. Акробат пьет, вися вниз головой.

того, что воздух близ земной поверхности сжат и давит во все стороны. Но этот сжатый воздух должен полностью сохранить свое давление и в том случае, если в закрытом помещении он становится невесомым. Ведь сжатая пружина не утратила бы упругости в среде без тяжести; карманные часы не изменили бы хода от перенесения с Земли на Луну или на самый маленький астероид. Сжатый газ — та же пружина и не должен утрачивать своей упругости при ослаблении тяжести или полной потере веса (если, конечно, газ заключен в герметически замкнутом пространстве). Воздух утратил бы свою упругость только при одном условии: если бы температура его понизилась до

абсолютного нуля (т. е. до —273° Ц); при температуре выше этой всякий газ должен обладать упругостью независимо от того, подвержен ли он тяжести, или нет.

Поэтому барометр-анероид показал бы в летящем небесном дирижабле то же самое давление, какое он показывал там до отлета. (Барометр же ртутный вовсе непригоден в таких условиях, потому что он измеряет давление воздуха **весом** ртутного столба, вес же в среде без тяжести равен нулю).



66. Проглоченная жидкость проталкивается в желудок действием мускулов пищевода.

Многие думают также, что в среде без тяжести невозможно **глотание**. Это совершенно ошибочно. Акт глотания вовсе не обусловлен тяжестью: пища проталкивается по пищеводу действием его мускулов. Лебедь, страус, жираффа пьют при опущенной шее; акробаты могут пить, вися вниз головой. Проглоченная жидкость продавливается мускулами пищевода в желудок чрезвычайно быстро — в течение доли секунды. Твердая пища перемещается медленнее — у человека секунд 8—10 (в зависимости от величины проглоченного куска), — но во всяком случае без участия силы тяжести.

Усиленная тяжесть.

Что касается, напротив, **усиленной** тяжести, то она, вообще говоря, представляет для человека серьезную опасность, если превосходит известный предел. Животные могут переносить усиление тяжести в довольно широких пределах, как видно из опытов Циолковского.

«Я делал опыты с разного рода животными, — говорит Циолковский, — подвергая их действию усиленной тяжести

на особых центробежных машинах... Вес рыжего таракана я увеличивал в 300 раз, а вес цыпленка раз в 10; я не заметил, чтобы опыт принес им какой-нибудь вред». То же подтвердили и опыты, произведенные в Ленинграде в 1930 г. в Институте гражданского воздушного флота. *

Удвоенную тяжесть человек переносит легко. При крутом снижении («пикировании») летчики при выходе из пике подвержены, как показывает расчет, трехкратной и даже четырехкратной искусственной тяжести; отмечен случай, когда летчик подвергся при таком спуске действию семикратной тяжести (т. е. двигался с ускорением в 70 *м/сек* за секунду) и перенес ее — конечно, втечение всего нескольких секунд — без вреда для здоровья. Известно, что люди совершенно безвредно переносят прыжки с большой высоты в воду, — хотя, по расчетам Оберта, такой прыжок с 8 *м* подвергает организм четырехкратному усилению тяжести. Названный ученый полагает, что человек может переносить без вреда в направлении от головы к ногам ускорение 60 *м/сек* за секунду (6-кратную тяжесть), а в поперечном—80—90 *м/сек* за секунду (8—9-кратную тяжесть. **

Такое же мнение высказывал и Макс Валье. В статье «Медицина и звездоплавание» («Ракета», 1928 г.) он писал: «Можно принять, что человек способен без вреда для себя втечение нескольких минут переносить 3—4-кратное усиление тяжести, особенно когда его тело расположено

---

* См. Н. А. Рынин. Теория реактивного полета, глава «Эффект ускорения на животных» (стр. 353—356). Опыты производились над тараканами, навозными жуками, слепнями, мухами, карасем, лягушками, чижом, голубем, вороной, мышами, крысами, кроликами, кошками. Насекомые переносили безвредно для себя отяжеление в 2000 раз, лягушки — в 50 раз, кошки — в 20 раз (втечение 1—2 минут).

** «Человек-пушка» при падении на сетку подвергает свое тело усиленной тяжести, в 15 раз превышающей нормальную, не испытывая при этом болезненных ощущений. (См. Я. И. Перельман, «Занимательная механика».)

поперек действующей силы, т. е. поперек к направлению движения аппарата. Отправляться надо, следовательно, лежа, располагаясь на мягком ложе (хороший тюфяк в свободно висящей койке), чтобы возможно больше квадратных сантиметров тела имели опору. Испытание человека по отношению к усилению тяжести можно выполнить помощью специально для этого устроенной карусели, вращаемой настолько быстро, что действие центробежной силы в несколько раз превышает нормальное напряжение тяжести. Отправляться в полет с бо́льшим ускорением без предварительного испытания было бы рискованно: всякому понятно, что усиленная тяжесть затрудняет деятельность сердца, легких и других органов, выполняющих жизненные функции».

Весьма показательны опыты, производившиеся еще в 1928 г. в Бреславле над человеком, подверженным действию центробежной силы; напомним, что давление обусловленное этой силой, ничем не отличается от давления, порождаемого тяжестью. Человек, предоставивший себя для опытов, производил самонаблюдения по определенной программе. Опыты велись на карусели. Расстояние центра тяжести испытуемого от оси вращения было 3,2 *м*. При 24 оборотах в минуту равнодействующая центробежного ускорения и ускорения тяжести равнялась 23 *м/сек* за секунду, т. е. больше нормального ускорения тяжести в 2,3 раза. При этом сердце, дыхательный аппарат и мозг работали нормально. Самочувствие и мышление — такие же, как и в нормальных условиях. Заметно ощущалось лишь давление тела на наружную стенку. Руки и ноги казались отяжелевшими, но все же ими легко было управлять. Мускулы щек при боковом положении головы ощутительно оттягивались. С трудом удавалось держать голову прямо, не подпирая ее.

При более быстром вращении карусели достигалось уско-

рение в 4,3 раза больше нормального. Но и при этих условиях не замечалось расстройств в деятельности сердца и дыхательного аппарата; сознание и все ощущения были нормальны. Руки и ноги заметно тяжелели, но ими все же можно было двигать. Чувствовалось, что одежда гораздо тяжелее. Всего ощутительнее было давление тела на наружную стенку. Производить наблюдения при еще более быстром вращении на этой карусели нельзя было из-за неприспособленности карусели.

Сопротивление атмосферы.

Приходится слышать опасения, что ракетный корабль, летящий с космической скоростью, должен, прорезывая земную атмосферу при взлете и при возвращении на Землю, подвергнуться той же участи, как и метеоры: переход энергии его движения в теплоту неизбежно раскалит, расплавит, даже превратит в пар весь звездолет. Соображение это кажется на первый взгляд очень серьезным; в действительности же, как мы уже имели случай отметить, оно очень мало основательно.

Дело в том, что межпланетная ракета прорезает толщу атмосферы вовсе не с космической скоростью. Мы видели, что при путешествии на Луну звездолет приобретает свою максимальную космическую скорость уже за пределами атмосферы, на высоте 1666 *км*; плотную же часть воздушной оболочки ракетный корабль пронизывает с сравнительно умеренной скоростью. Так, при отлете на Луну ракета имеет на высоте 1 *км* скорость по отношению к Земле 250 *м/сек*, на высоте 2 *км* — 350 *м/сек*, 5 *км* — 550 *м/сек*, 10 *км*—770 *м/сек*, 15 *км*—950 *м/сек*, 20 *км*—1100 *м/сек*, 30 *км* — 1350 *м/сек*. Как видим, скорость ракеты мала там, где воздух плотен, и велика там, где он крайне разрежен.

При обратном спуске на Землю ракета описывает строго рассчитанную спираль, прорезая сначала, пока скорость велика, самые разреженные слои атмосферы и лишь постепенно, по мере уменьшения скорости, проникая в более плотные слои. Опасность расплавления оболочки и здесь вполне может быть избегнута.

Опасность взрыва изнутри.

В каюте ракеты будет находиться воздух под давлением в целую атмосферу, между тем как вокруг нее пространство свободно от воздуха и, следовательно, не оказывает на стенки ракеты никакого давления. Не угрожает ли каюте опасность быть разорванной внутренним давлением?

Рассуждающие так забывают, что, кроме избытка давления, существует еще и сопротивление стенок каюты и что ракета сделана не из бумаги. Напомню, что приблизительно в таких же условиях находились гондолы стратостатов в высшей точке подъема, — и нисколько не пострадали от внутреннего давления, несмотря на то, что стенки их были довольно тонки. Давление в одну атмосферу слишком незначительно, чтобы разорвать металлический шар, даже и тонкостенный.

Космические и ультрафиолетовые лучи.

В числе возможных опасностей звездоплавания нередко включают и вредное, чуть не смертоносное действие так наз. космических лучей (иначе именуемых также лучами Гесса или Милликена). Вредное действие этого излучения однако сильно преувеличено. Авторитетный исследователь космических лучей проф. Кольхерстер считает подобные опасения, связанные с этими лучами, лишенными всякого основания.

Мнение это вполне подтвердилось недавними исследованиями проф. Вериго, произведенными во время его знаменитого подъема в 1935 г. на высоту 16 200 *м*. Целью полета было изучение хода изменения интенсивности космических лучей с высотой (земная атмосфера заметно поглощает эти лучи). Вериго установил, что на высоте 16 *км* интенсивность космического излучения в 240 раз больше, чем у Земли, и все же она не достигает степени, сколько-нибудь опасной для живого организма. На высоте 16 *км* Вериго имел под собой 90% массы земной атмосферы; поэтому при дальнейшем поднятии вверх интенсивность космического излучения может возрасти лишь незначительно.

С этими результатами хорошо согласуются данные, добытые в 1932 г. проф. Регенером помощью шара-зонда, пущенного на высоту 28 *км* с приборами, регистрирующими интенсивность космических лучей.

Словом, сенсационное наименование «лучей смерти» присвоено газетами этому излучению без малейшего основания: действие его слишком поспешно отождествили с действием лучей «электронной пушки» Кулиджа.

Что же касается вредного действия лучей ультрафиолетовых на той высоте, где действие их не ослабляется толщей атмосферы, то от них достаточно защитят пассажиров толстые стекла иллюминаторов звездолета.

Лучевое давление.

Здесь также видят помеху для звездоплавания. Звездолет, как небесное тело, конечно карлик; а если так, то не может ли быть его движение нарушено отталкивающим действием солнечных лучей? Не опрокинет ли этот фактор все расчеты астрономов, не спутает ли он так тщательно расчисленные маршруты звездоплавания?

Бояться этого не приходится. Ракета в 5 *т* массы, под-

ставляющая солнечным лучам поверхность в 50 $м^2$, должна под действием светового давления приобрести ускорение в 0,000004 *см/сек* за секунду. Втечение суток скорость звездолета изменится менее чем на 2 *мм/сек*. Это не может ни иметь рокового значения, ни даже служить сколько-нибудь значительной помехой, так как для восполнения разного рода непредвиденных мелких потерь скорости звездолет берет с собой некоторый избыток горючего.

Опасность заблудиться.

Можно ли быть уверенным в том, что ракета, посланная на Луну, действительно достигнет ее, а не направится мимо и не заблудится в мировом пространстве, — или, что столь же опасно, попадет на какую-нибудь планету, куда попасть вовсе нежелательно? Луна представляет такую крошечную мишень на небе (она видна под углом всего в полградуса), что промахнуться, направляя на нее ракету, очень легко.

Опасения эти столь же мало основательны, как и все предыдущие. Прежде всего при отправлении ракеты на Луну приходится иметь дело с небесной мишенью вовсе не столь маленькой, как обычно думают. Луна — мишень особенная: она сама притягивает к себе летящие к ней снаряды. Чтобы ракета очутилась на Луне, достаточно закинуть ее за ту границу, где лунное притяжение сильнее земного. Граница эта представляет собою шаровую поверхность, окружающую Луну на расстоянии примерно 40 000 *км* от ее центра. Значит, мишенью является не шар Луны, диаметром 3500 *км*, а упомянутая сфера, диаметром 80 000 *км*. Мишень эта усматривается с Земли под углом в 11½° — в 23 раза большим, чем лунный диск. Если «стрельба в Луну» равносильна стрельбе в круг диаметром 1 *м* с расстояния 115 *м*, то обстрел погранич-

ной сферы соответствует стрельбе в тот же метровый круг с расстояния всего 5 *м.* Промах здесь мало вероятен.

Что касается блуждания в мировом пространстве, то следует иметь в виду, что, покинув атмосферу, ракета оказывается в среде, свободной от трения, и уподобляется небесному телу. Известна точность, с какой астрономы предсказывают затмения и другие события на небе. Движение ракеты может быть предвычислено с такою же астрономической точностью, исключающей всякие уклонения. Не предусмотренные же последствия случайной ошибки (которая может быть лишь очень незначительна под пером опытного вычислителя) могут быть своевременно исправлены пилотом звездолета, располагающим достаточным избытком горючего.

Учитывать притяжение лунной ракеты планетами нет никакой надобности: оно исчезающе мало вследствие крайней отдаленности планет от Земли. Ничтожная масса ракеты не ухудшает положения: величина перемещения зависит лишь от массы п р и т я г и в а ю щ е г о тела и нисколько не зависит от массы тела п р и т я г и в а е м о г о.

Притяжение Солнца.

Не будет ли ракетный корабль, направленный на Луну, притянут Солнцем? Люди, высказывающие это опасение, были бы еще более уверены в его основательности, если бы знали, что ракетный корабль, направляющийся с Земли на Луну, притягивается Солнцем в п о л т о р а с т а с л и ш к о м р а з с и л ь н е е, ч е м Л у н о ю. Действительно, Солнце дальше от Земли, нежели Луна, круглым счетом в 400 раз, и значит, при равной массе должно было бы притягивать в 160 000 раз слабее; но зато масса Солнца превышает лунную в 27 000 000 раз; следовательно, сила притяжения ракеты Солнцем должна быть больше, нежели

сила лунного притяжения в $\frac{27\,000\,000}{160\,000}$, т. е. в 165 раз. При таких условиях естественно возникает опасение, что ракета скорее очутится на Солнце, нежели на Луне.

Вспомним, однако, что Солнце почти с одинаковою силою притягивает и ракету, и Землю, и Луну, сообщая каждому телу равные ускорения: оно перемещает всю систему из трех тел, почти не влияя на их взаимное расположение. Поэтому ракета, направленная на Луну, должна лететь на нее так, будто притяжения Солнца не существует.

Высадка на Луне.

О том, как можно безопасно снизиться на Луну, не разбившись о ее твердую поверхность, мы уже беседовали раньше (стр. 133). Но как смогут звездоплаватели покинуть свой ракетный корабль, если на Луне нет воздуха? Путешественников ждет здесь, казалось бы, неминуемая гибель...

Наши эпроновцы, однако, отлично работают как раз в такой среде, где человеку невозможно дышать. Они опускаются под воду в особых костюмах — скафандрах, куда им подается нужный для дыхания воздух. Лунные путешественники ступят на почву нашего негостеприимного спутника также в особых костюмах, имея запас кислорода в баллоне у себя за спиной или на груди. Опасаться того, что подобный костюм будет разорван изнутри давлением распирающего его воздуха при полном отсутствии напора снаружи — нет оснований: костюму нетрудно придать прочность, достаточную, чтобы противостоять давлению в одну атмосферу. Отпадает и другое опасение, высказанное недавно одним ленинградским физиком, — что невозможно сконструировать скафандр, который, будучи раздуваем

изнутри, позволял бы путешественнику свободно перемещать руки и ноги. Сомнение это опровергнуто самой жизнью: скафандр для полетов в разреженных слоях атмосферы, изготовленный и испытанный американским летчиком Постом во время его стратосферного подъема в открытой кабине аэроплана (декабрь 1934 г.), ничем существенным не отличается от костюма для будущей экскурсии на Луну *.

Само собою разумеется, что выход из ракетного корабля на лунную поверхность должен быть непродолжителен, — примерно таков же, как пребывание водолаза на дне моря.

В связи с этим можно поставить вопрос о том, в каком месте лунной поверхности следует производить высадки. Дело в том, что температура лунной почвы не всюду благоприятна для пребывания на ней человека. В том месте Луны, где в данный момент полдень или послеполуденные часы, температура почвы достигает 100° Ц и больше; на ночной же половине нашего спутника господствует страшный мороз в 200° Ц и ниже. Будущему лунному путешественнику придется, очевидно, избирать для высадки ту зону лунного шара, где в момент снижения утро и почва успела уже нагреться солнечными лучами, однако еще не накалилась. К этому надо прибавить, что так как лунные сутки длятся целый земной месяц, то утро на Луне продолжается несколько земных суток. Зона, пригодная для высадки, довольно широка, особенно близ лунного экватора, и значит время пребывания на Луне может быть достаточно продолжительно.

---

* Имеется и советское изобретение подобного рода: изготовленная по проекту рабочего Трехгорной фабрики Лобовикова модель костюма для полетов в стратосферу в открытой гондоле обеспечивает пилоту не только свободное движение рук и ног, но и благоприятную температуру (костюм имеет внутреннюю обогревательную обшивку). Изобретение получило одобрение Центрального Совета Осоавиахима.

Звездоплавание и теория относительности.

В числе опасений, высказываемых насчет межпланетных путешествий, есть и такие, которые черпают свои доводы из теории относительности. Один из рецензентов этой книги высказал мне на страницах авиационного журнала упрек в том, что я «ничего не сказал об относительности понятия одновременности для астронавта, летящего в мировом пространстве с космической скоростью и имеющего собственное поле тяготения».

«Сколько требуется «фактического времени для полета на какую-нибудь планету? — пишет рецензент. — С нашей, земной точки зрения это подсчитать нетрудно, но астронавт, вылетевший в космос с этими расчетами и земными часами, окажется жертвой теории относительности и будет проклинать «астрономическую» точность расписания полета, которая не сойдется с его собственным, так сказать, «внутриракетным» временем.

«Далее возникает второй тяжелый вопрос: куда лететь? Путешественник «без масштаба и часов» не знает ни собственной скорости, ни своего положения в пространстве. Единственным якорем спасения является метод непосредственной визуальной проверки, но здесь, кажется, имеет силу поговорка «не верь своим глазам», так как условия работы на ракете (не говоря уже об искажениях согласно теории Эйнштейна), конечно, не те, которые имеет астроном (подверженный обыденному ускорению 9,8 *м/сек*^{2}) в своей обсерватории.

«... Мы считаем, что на всем этом нужно было обязательно остановиться».

Приходится остановиться, раз подобные соображения высказываются даже на страницах специального журнала. Если бы рецензент произвел необходимые выкладки, он, впрочем, сам убедился бы, что при тех скоростях звездо-

лета, о которых говорится в моей книге (несколько десятков километров в секунду), следствия теории Эйнштейна могут сказаться только *за 7-м десятичным знаком*. Другими словами, они едва уловимы для точнейших приборов, и опасаться каких-либо неувязок на этой почве нет оснований.

В самом деле, зависимость между продолжительностью t какого-либо явления на Земле и продолжительностью t_1 того же процесса для наблюдателя в звездолете, который движется относительно Земли со скоростью, например, 50 *км/сек*, такова:

$$t_1 = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{50^2}{300\,000^2}}}.$$

Выполняя вычисление, получаем

$$t_1 \approx t + \frac{t}{72\,000\,000}.$$

Продолжительность явления должна действительно возрасти, но, как видим, всего на одну 72-миллионную. Это значит, что космическое путешествие, длящееся для земного наблюдателя целый год, будет для ракетного пилота длиться на *треть секунды* больше. Такая прибавка не может иметь для астронавигации ровно никакого значения.

Примерно того же ничтожного порядка и влияние различия полей тяготения Земли и звездолета.

Другое дело, если бы звездолет несся со скоростью десятков тысяч километров в секунду — эффекты теории относительности сказались бы тогда ощутительно. Но я в моей книге в подобные фантазии не вдаюсь. О них уместно будет завести речь лишь в том случае, если шансы на овладение внутриатомной энергией сделаются технически реальными.

21.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Мы видели, что проблема звездоплавания, — если не в полном объеме, то в существенной своей части, — может считаться разрешенной уже в наши дни. Разрешенной не в техническом, конечно, смысле, а в механическом и физическом: найдены в инвентаре современной науки те физико-механические принципы, на которых может быть построен звездолет будущего. Таким принципом является закон противодействия, и прообразом звездолета является ракета. Сам Ньютон, провозгласивший закон противодействия, пророчески сказал, что если удастся когда-нибудь людям летать в пустом пространстве, то сделано это будет только помощью аппаратов, основанных на этом начале. Теперь уже нет сомнения, что человечеству суждено вступить когда-нибудь в прямое сообщение с другими планетами, начать новый, «вселенский» период своей истории, и осуществится этот шаг при помощи исполинских ракет — единственного средства, разрешающего проблему межпланетных путешествий.

Гений Ньютона открыл человечеству закон действия могучей силы, приковывающей нас к Земле. Но тот же гений провозгласил и другой закон природы, опираясь на который человек свергнет иго тяжести и вырвется из земного плена на простор Вселенной, в необъятный мир миров.

Приложения.

СИЛА ТЯГОТЕНИЯ.

Приведенные в главе II примеры действия силы тяготения могут быть проверены несложными расчетами, основанными на законе Ньютона и элементах механики. Читатели, имеющие начальные сведения из алгебры, без затруднения проследят за ними. Напомним, что за единицу измерения силы в механике принята сила, которая, будучи приложена к свободному телу массою в 1 грамм, ежесекундно увеличивает его скорость на 1 сантиметр в секунду. Эта единица силы называется **диной**. Так как сила земного притяжения ежесекундно увеличивает скорость свободно падающего грамма почти на 1000 *см/сек* (9,8 *м/сек*), то сила, с какой притягивается к Земле 1 *г*, больше «дины» почти в 1000 раз, т. е. равна (почти) 1000 дин. Другими

словами: вес гирьки в 1 *г* (сила ее притяжения к Земле) равен почти 1 000 дин. Это дает представление о величине дины в единицах веса: дина равна примерно 1000-й доле грамма.

Далее: установлено, что два шарика, по 1 грамму каждый, расстояние между центрами которых равно 1 сантиметру, притягиваются между собою с силою в одну 15-миллионную долю дины. Эту величину называют «постоянной тяготения».

После сказанного нетрудно, на основании закона Ньютона, вычислить силу взаимного притяжения двух человеческих тел, разделенных промежутком в 1 *м* (или 100 *см*). Принимая вес человеческого тела в 65 *кг* (65 000 *г*) и имея в виду, что взаимное притяжение прямо пропорционально произведению масс и обратно пропорционально квадрату расстояния (закон Ньютона), — имеем для силы взаимного притяжения

$$\frac{1}{15\,000\,000} \times \frac{65\,000 \times 65\,000}{100^2} \approx 0{,}028 \text{ дины.}$$

Итак, два человеческих тела на расстоянии 1 *м* притягиваются взаимно с силою 0,028 дины (около 40-й доли миллиграмма).

Таким же образом может быть вычислена сила взаимного притяжения и двух линейных кораблей, разделенных расстоянием в 1 *км*. Масса каждого корабля равна 25 000 *т* = 25 000 000 000 *г*; расстояние равно 100 000 *см*. Поэтому взаимное притяжение равно:

$$\frac{1}{15\,000\,000} \times \frac{(25\,000\,000\,000)^2}{(100\,000)^2} \approx 4200 \text{ дин.}$$

Так как 1000 дин = 1 *г*, то 4200 дин равны примерно 4 *г*.

2.
ПАДЕНИЕ В МИРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ.

Полет пушечного снаряда Жюля Верна на Луну можно рассматривать как случай падения тела в мировом пространстве под влиянием силы тяготения. Поэтому, прежде чем рассматривать условия его полета, полезно рассмотреть следующую задачу из области небесной механики.

Во сколько времени упал бы на Солнце земной шар, если бы от какой-нибудь причины прекратилось его движение по орбите?

Задачи подобного рода легко разрешаются на основании третьего закона Кеплера: квадраты времен обращения планет и комет относятся как кубы их средних расстояний от Солнца; среднее же расстояние от Солнца равно длине большой полуоси эллипса. В нашем случае мы можем земной шар, падающий прямо на Солнце, уподобить воображаемой комете, движущейся по сильно вытянутому эллипсу, крайние точки которого расположены: одна — близ земной орбиты, другая — в центре Солнца. Среднее расстояние такой кометы от Солнца, т. е. большая полуось ее орбиты, очевидно, вдвое меньше среднего расстояния Земли. Вычислим, каков должен был бы быть период обращения этой воображаемой кометы. Составим, на основании третьего закона Кеплера, пропорцию:

$$\frac{(\text{период обращения Земли})^2}{(\text{период обращения кометы})^2} = \frac{(\text{ср. расст. Земли})^3}{(\text{ср. расст. кометы})^3}.$$

Период обращения Земли равен 365 суткам; среднее расстояние ее от Солнца примем за единицу, и тогда среднее расстояние кометы выразится через $\frac{1}{2}$. Пропорция принимает вид:

$$\frac{365^2}{(\text{период обращ. кометы})^2} = \frac{1}{(0,5)^3},$$

откуда

$$(\text{период обращ. кометы})^2 = 365^2 \times \frac{1}{8},$$

или

$$\text{период обращ. кометы} = \frac{365}{\sqrt{8}}.$$

Но нас интересует не полный период обращения этой воображаемой кометы, а половина периода, т. е. продолжительность полета в один конец — от земной орбиты до Солнца: это и есть искомая продолжительность падения Земли на Солнце. Она равна

$$\frac{365}{\sqrt{8}} : 2 = \frac{365}{\sqrt{32}} \approx \frac{365}{5{,}6} \approx 65 \text{ суток.}$$

Итак, чтобы узнать, во сколько времени Земля упала бы на Солнце, нужно продолжительность года разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6. Легко видеть, что полученное простое правило применимо не к одной только Земле, но и ко всякой другой планете и ко всякому спутнику. Иначе говоря, чтобы узнать, во сколько времени планета или спутник упадут на свое центральное светило, нужно период их обращения разделить на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6. Меркурий, обращающийся в 88 дней, упал бы на Солнце в 15,5 дней; Сатурн, период обращения которого равняется 30 нашим годам, — падал бы на Солнце в течение 5,5 лет. А Луна упала бы на Землю в 27,3 : 5,6, т. е. в 4,8 суток. И не только Луна, но и всякое вообще тело, находящееся от нас на расстоянии Луны, падало бы к Земле в течение 4,8 суток (если только ему не сообщена начальная скорость, а падает оно, подчиняясь лишь действию одного земного притяжения).

Здесь мы вплотную подходим к задаче Жюля Верна. Легко понять, что столько же времени должно лететь на

Луну всякое тело, брошенное с Земли на Луну с такою скоростью, чтобы пройти как раз расстояния до Луны. Значит, алюминиевый снаряд Жюля Верна должен был бы лететь около 5 суток, если бы его хотели закинуть на расстояние Луны.

Однако члены Пушечного клуба рассчитывали закинуть снаряд не прямо на Луну, а только до той точки между Землей и Луной, где силы притяжения обоих светил уравниваются: отсюда снаряд сам уже упал бы на Луну, притягиваемый ею. Эта «нейтральная» точка находится на 0,9 расстояния от Земли.

Вычисление, следовательно, несколько усложняется. Во-первых, нужно вычислить, во сколько времени снаряд долетел бы до 0,9 расстояния между Землей и Луной, или, что то же самое, во сколько времени тело с этого расстояния упало бы на Землю; во-вторых, надо определить продолжительность падения тела от этой нейтральной точки до Луны.

Для решения первой задачи представим себе, что на 0,9 расстояния от Земли до Луны обращается вокруг нашей планеты небесное тело, и вычислим период обращения этого воображаемого спутника Земли. Обозначив неизвестный период обращения через x, составляем, на основании третьего Кеплерова закона, пропорцию

$$\frac{x^2}{27{,}3^2} = \frac{0{,}9^3}{1^3};$$

отсюда искомый период обращения $x = 27{,}3\sqrt{0{,}9^3} = 23{,}3$. Разделив этот период на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6, мы, согласно выведенному ранее правилу, получим время перелета снаряда от Земли до нейтральной точки: $23{,}3 : 5{,}6 = 4{,}1$ суток.

Вторую задачу решаем сходным образом. Чтобы вычислить, во сколько времени снаряд упал бы с расстояния нейтральной точки до Луны, нужно сначала определить, во

сколько времени снаряд, находясь на том же расстоянии от Луны, совершил бы вокруг нее полный оборот. Радиус орбиты этого воображаемого спутника Луны равен 0,1 радиуса лунной орбиты, а масса центрального светила (в данном случае Луны), в 81 раз меньше массы Земли. Если бы масса Луны равнялась земной, то спутник, обращаясь на среднем расстоянии вдесятеро меньшем, чем лунное, совершил бы полный оборот в период y, легко вычисляемый по закону Кеплера:

$$\frac{y^2}{27,3^2} = \frac{0,1^3}{1^3},$$

откуда

$$y = 27,3\sqrt{0,001} = 0,273\sqrt{10}.$$

Но так как масса, а следовательно и притягательное действие центрального светила, в данном случае в 81 раз меньше, чем в системе Земли, то время обращения снаряда спутника будет дольше. Во сколько раз? Из механики мы знаем, что центростремительное ускорение пропорционально квадрату скорости. Здесь это ускорение (производимое притяжением Луны) меньше в 81 раз, — следовательно скорость движения снаряда по орбите должна быть меньше в $\sqrt{81}$ раз, т. е. в 9 раз. Другими словами, снаряд в роли лунного спутника должен обегать кругом Луны в 9 раз медленнее, чем он обходил бы на таком же расстоянии вокруг Земли. Значит, искомое время обращения равняется:

$$0,274\sqrt{10} \times 9 \approx 7,77 \text{ суток.}$$

Чтобы получить продолжительность падения снаряда от нейтральной точки до Луны, нужно, как мы уже знаем, найденный сейчас период его обращения (7,77) разделить

на $\sqrt{32}$, т. е. на 5,6; получим 1,4 суток, а точнее — 33.5 час.*

Итак, весь перелет пушечного снаряда от Земли до Луны должен был бы длиться 4,1 + 1,4 сут. = 5,5 сут.

Однако это не вполне точный результат: здесь не принято во внимание то обстоятельство, что и при полете от Земли до нейтральной точки снаряд подвергается притягательному действию Луны, которое ускоряет его движение; с другой стороны, при падении на Луну он испытывает на себе замедляющее действие земного притяжения. Последнее действие должно быть особенно заметно и, как показывает более точное вычисление (по формуле, приведенной ниже), примерно вдвое увеличило бы продолжительность падения снаряда от нейтральной точки до Луны. Благодаря этим поправкам общая продолжительность перелета снаряда от Земли до Луны с 5,5 суток возрастает до 7 суток.

В романе продолжительность перелета определена «астрономами Кэмбриджской обсерватории» в 97 час. 13 мин. 20 сек., т. е. в 4 с небольшим суток, вместо 7 суток. Жюль Верн ошибся на трое суток. Ошибка про-

---

* На расстоянии Земли снаряд обращался бы вокруг Луны в 9 раз медленнее, чем Луна вокруг Земли, т. е. совершал бы полный оборот в 27,3 × 9 суток. Время падения его с Земли на Луну под действием ее притяжения равнялось бы, следовательно, $\frac{27.3 \times 9}{5,6} = 44$ дням.

В такой срок должен был бы перелететь с Земли на Луну «кеворитный» снаряд Уэллса, если бы все его «кеворитные» заслонки были сдвинуты и вся масса снаряда подвергалась действию лунного притяжения. Но путешественники подвергали действию тяготения только часть массы снаряда, в движение же увлекалась вся масса снаряда. Вследствие этого снаряд получал ускорение, составляющее только некоторую долю нормального. В результате продолжительность перелета должна увеличиться. Если, например, действию притяжения подвергалась только 10-я доля массы снаряда, то время падения снаряда на Луну должно возрасти в $\sqrt{10}$ раз, т. е. путешествие длилось бы 136 дней.

изошла от того, что романист (или лицо, производившее для него расчеты) преуменьшил время падения снаряда от нейтральной точки до Луны: оно определено всего в 13 час. 53 мин., между тем как это падение должно было совершиться гораздо медленнее и отнять 67 часов.

Если тело падает без начальной скорости с весьма большого расстояния H не до центра притяжения, а до некоторого расстояния h, то продолжительность t (в секундах) такого падения вычисляется по следующей формуле, которая выводится в курсах интегрального исчисления:

$$t=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{H}{2a}}\left\{\sqrt{h(H-h)}+H\arcsin\sqrt{\frac{H-h}{H}}\right\}. \quad (1)$$

Здесь H и h имеют указанные выше значения, R — радиус планеты, a — ускорение тяжести на ее поверхности. По этой формуле вычисляется также продолжительность взлета тела от расстояния h до расстояния H, где оно должно утратить всю свою скорость.

Для примера вычислим продолжительность взлета тела, брошенного с земной поверхности на высоту земного радиуса. В этом случае $H=2R$; $h=R$; $a=g=9{,}8$; $R=6370$.

Имеем продолжительность взлета:

$$t=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{2R}{2g}}\left\{\sqrt{R(2R-R)}+2R\arcsin\sqrt{\frac{R}{2R}}\right\}=$$

$$=\sqrt{\frac{R}{g}}(1+2\times 0{,}7854)\approx 2072 \text{ сек.}=34{,}5 \text{ мин.}$$

Значит ракета, пущенная вверх на расстояние земного радиуса, должна возвратиться через 69 минут.

3.

ДИНАМИКА РАКЕТЫ.

Для понимания дальнейшего необходимо отчетливо уяснить себе некоторые теоремы механики, относящиеся к «количеству движения» и к «центру тяжести». Предпосылаем поэтому нашему изложению небольшую главу из «Курса физики» Гримзеля, где положения эти разъяснены весьма наглядно и с достаточной полнотой.

Импульс. Количество движения. Сохранение движения центра тяжести.

«Сила P сообщает свободной массе m ускорение a, которое определяется из уравнения $P = ma$. Если сила P постоянна, то и ускорение постоянно, т. е. движение — равномерно-ускоренное. Если постоянная сила P действует на массу m в течение времени t, то она сообщает ей скорость $v = at$. Чтобы оценить действие силы P за время t, мы умножим выражение силы $P = ma$ на t. Мы получим равенство $P \cdot t = m \cdot v$.

«Произведение $P \cdot t$ называется импульсом силы P за время t. Произведение $m \cdot v$ называется количеством движения массы m, движущейся со скоростью v. Импульс силы равен количеству движения массы, приведенной в движение этой силой.»

«Если действует сила переменная, то, строго говоря, этот закон можно прилагать лишь к малым промежуткам времени t, в течение которых силу можно считать неизменяющейся. Тогда предыдущее равенство принимает вид:

$$P \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v.$$

«Понятие импульса и количества движения постоянно применяются в случаях, когда проявляются действие и противодействие.



67. Баллистический маятник.

68. Двусторонний пистолет.

«Примером практического применения этих понятий может служить баллистический маятник, употребляемый для измерения скорости снаряда. Он состоит из большой, но податливой массы M (например ящика с песком), которая подвешена на стержне, могущем вращаться около некоторой оси (рис. 67). В маятник стреляют снарядом, имеющим массу m, снаряд входит в песок и сообщает общей массе $M + m$ некоторую скорость. Маятник отклоняется, и высоту его подъема h измеряют. По высоте подъема вычисляют начальную скорость маятника $v_1 = \sqrt{2gh}$. Количество движения, приобретенное маятником (вправо), есть Mv_1; количество движения, приобретенное снарядом влево (или потерянное им, при счете вправо) равно:

$$mv - mv_1$$

или

$$m(v - v_1).$$

Итак,

$$Mv_1 = m(v - v_1).$$

или

$$mv = (M + m)\, v_1.$$

Отсюда можно вычислить v.

«В левой части последнего уравнения (mv) стоит количество движения всей системы (маятник и снаряд) до выстрела, в правой части — количество движения системы после выстрела. Таким образом количество движения системы не изменяется, если только в эту систему включены все взаимодействующие тела. Такая система называется замкнутой. Итак, в замкнутой системе количество движения остается неизменным, какие бы процессы внутри ее ни происходили. Это закон сохранения количества движения.

«Другой пример представляет изображенный на рис. 63 двусторонний пистолет. На штативе горизонтально лежит медная трубка, на один конец которой навинчен массивный металлический цилиндр. Другой такой же цилиндр имеет насадку, плотно входящую в трубочку.* В трубке сделано отверстие для поджигания с полочкой для пороха. Насыпав на полочку и в трубку немного пороха, вставляют снаряд и кладут пистолет на штатив. Затем при помощи раскаленной проволоки поджигают порох, насыпанный на полочку; порох в трубке взрывается, — оба цилиндра с насадками получают ускорения в противоположные стороны и упадут на стол в одинаковых расстояниях от штатива. Действие взрыва одинаково в обе стороны и сообщает обоим цилиндрам одинаковые скорости

«Повторяют опыт с различными массами. Пусть цилиндр, скрепленный с трубочкой, весит 50 г, а вставляющийся в нее 100 г. После взрыва первый отлетает вдвое

---

* Предполагается, что цилиндр с трубкой и цилиндр с насадкой имеют одинаковую массу. — *Я. П.*

дальше второго, хотя давление взрывных газов в обе стороны одинаково.

«В каком бы отношении ни находились снаряды, всегда начальные скорости снарядов обратно пропорциональны их массам и, значит, произведения масс снарядов на начальные скорости одинаковы.

«Движение снарядов можно определить таким правилом: если до взрыва весь пистолет был в равновесии относительно некоторой оси вращения, то это равновесие сохраняется в каждый момент после взрыва, — причем путь обоих снарядов рассматривается как соединяющая их невесомая проволока, а вся система — как рычаг.

«В самом деле, горизонтальные расстояния обоих снарядов от оси вращения в каждый момент движения обратно пропорциональны соответствующим массам, а это отвечает условию равновесия рычага. Воображаемая ось всегда проходит поэтому через центр тяжести обеих частей пистолета, так что положение центра тяжести остается неизменным (закон сохранения центра тяжести). Закон этот справедлив и для того случая, когда пистолет перед взрывом не был в покое, а двигался с постоянной скоростью. В этом случае после взрыва его части движутся так, что их общий центр тяжести продолжает свое прежнее движение с той же скоростью (сохранение движения центра тяжести). То же самое будет, конечно, при распаде на несколько частей, — например, при движении осколков разорвавшейся гранаты или обломков распавшихся космических тел».

Движение ракеты.

Рассмотрим теперь движение ракеты — сначала в среде, свободной от тяжести, а затем — в условиях тяжести.

а) Движение ракеты в среде без тяжести. Ввиду фунда-

ментального значения «уравнения ракеты» для всей теории звездоплавания, приводим далее два ее вывода: один — элементарный, для незнакомых с высшей математикой, и другой — более строгий, с применением интегрального исчисления.

Пусть первоначальная масса покоящейся ракеты равна M_i. Заменим непрерывное вытекание газа из трубы рядом последовательных толчков; с каждым толчком вытекает $\frac{1}{n}$ массы M_i ракеты со скоростью c. После первого толчка масса ракеты уменьшается до

$$M_1 = M_i - \frac{M_i}{n} = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right);$$

после второго толчка остающаяся масса ракеты равна

$$M_2 = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right) \times \left(1 - \frac{1}{n}\right) = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^2;$$

после третьего толчка —

$$M_3 = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^3,$$

а после k-го —

$$M_k = M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right)^k.$$

Скорость v_1, приобретаемую ракетой после первого толчка, легко вычислить, исходя из того, что общее количество движения всех частей ракеты до и после разъединения одинаково, т. е. равно нулю:

$$M_i\left(1 - \frac{1}{n}\right) \times v_1 + \frac{M_i}{n} \times c = 0,$$

откуда

$$v_1 = -\frac{c}{n-1}.$$

Скорость v_2 после в т о р о г о толчка можно считать равной $2v_1$, т. е. $-\frac{2c}{n-1}$, а после k-го толчка $v = -\frac{kc}{n-1}$, откуда

$$k = -\frac{v(n-1)}{c}.$$

Подставив это выражение для k в формулу

$$M_k = M_t\left(1-\frac{1}{n}\right)^k,$$

получаем

$$M_k = M_t\left(1-\frac{1}{n}\right)^{-\frac{v(n-1)}{c}}.$$

Преобразуем последнее выражение:

$$M_k = M_t\left\{\left(1-\frac{1}{n}\right)^{n-1}\right\}^{-\frac{v}{c}} \approx M_t\left\{\left(\frac{1}{1+\frac{1}{n}}\right)^{n-1}\right\}^{-\frac{v}{c}},$$

потому что

$$1-\frac{1}{n} \approx \frac{1}{1+\frac{1}{n}}.$$

Выражение:

$$\frac{1}{\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n-1}},$$

при бесконечно большом n (т. е. при переходе от толчков к непрерывному вытеканию газа) равно, как известно, $\frac{1}{e}$,

где $e = 2{,}718$. Тогда преобразуемое выражение получает вид:

$$M_k = M_1 \left(\frac{1}{e}\right)^{-\frac{v}{c}},$$

откуда получаем уравнение ракеты:

$$\frac{M_1}{M_k} = e^{\frac{v}{c}}.$$

Укажем теперь более строгий вывод того же основного уравнения.

Обозначим массу ракеты в некоторый момент через M и предположим, что до горения ракета была неподвижна. Вследствие горения ракета отбрасывает бесконечно малую часть dM своей массы с постоянною скоростью c (по отношению к ракете). При этом остальная часть массы ракеты $(M - dM)$ получает некоторую бесконечно малую прибавку скорости dv. Сумма количества движения обеих частей ракеты должна быть, по законам механики (см. выше), та же, что и до горения, т. е. должна равняться нулю:

$$cdM + (M - dM)dv = 0.$$

или, по раскрытии скобок,

$$cdM + Mdv - dMdv = 0.$$

Отбросив член $dMdv$, как бесконечно малую второго порядка (произведение двух бесконечно малых величин), имеем уравнение:

$$cdM + Mdv = 0,$$

которое представляем в виде

$$\frac{dv}{c} = -\frac{dM}{M}.$$

Интегрируя это диференциальное уравнение, получаем:

$$\frac{v}{c} = \ln M_i - \ln M_k = \ln \frac{M_i}{M_k},$$

или

$$e^{\frac{v}{c}} = \frac{M_i}{M_k}. \qquad (2)$$

Мы пришли к уравнению ракеты или ко «второй теореме Циолковского», которую он формулирует так:

«В среде без тяжести окончательная скорость (v) ракеты не зависит от силы и порядка взрывания, а только от количества взрывчатого материала (по отношению к массе ракеты) и от устройства взрывной трубы».

При всех этих вычислениях не учитывалось земное притяжение, влияние которого мы сейчас вкратце рассмотрим.

б) Движение ракеты в условиях тяжести. Ускорение a, приобретаемое ракетой при отвесном подъеме с Земли, равно, очевидно, разности между собственным ускорением ракеты p и ускорением земной тяжести g:

$$a = p - g.$$

Так как приобретаемая при этом ракетой окончательная скорость $v_1 = at_1$, то продолжительность горения равна $\frac{v_1}{a}$ т. е.

$$t_1 = \frac{v_1}{p - g}.$$

Из этого равенства и из соотношения $v = pt$ мы выводим, что при одинаковой продолжительности горения ($t = t_1$):

$$v = pt = p \cdot \frac{v_1}{p - g} = v_1 \cdot \frac{p}{p - g},$$

откуда

$$v_1 = v \cdot \frac{p - g}{p} = v\left(1 - \frac{g}{p}\right).$$

Значит

$$v_1 = v - v\frac{g}{p};\tag{3}$$

т. е. окончательная скорость ракеты в среде тяжести меньше, чем в среде без тяжести, на такую же долю, какую ускорение (g) тяжести составляет от собственного ускорения (p) ракеты.

Далее, зная из предыдущего, что в среде без тяжести

$$v = c\ln\frac{M_i}{M_k},$$

получаем, что окончательная скорость v_1 ракеты в условиях тяжести

$$v_1 = \left(1 - \frac{g}{p}\right) c\ln\frac{M_i}{M_k},\tag{4}$$

или

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \frac{M_i}{M_k}^{\left(1-\frac{g}{p}\right)}.\tag{5}$$

Формула (5) позволяет вычислить окончательную скорость, приобретаемую ракетой в поле тяготения, если известно отношение $\frac{M_i}{M_k}$ масс заряженной и незаряженной ракеты и ее собственное ускорение p. Это последнее, мы знаем, не должно превышать 4-кратного ускорения земной тяжести, чтобы быть безвредным для человеческого организма. При $p = 4g$ имеем

$$e^{\frac{v_1}{c}} = \left(\frac{M_i}{M_k}\right)^{\frac{3}{4}}.$$

Формулы эти не принимают, конечно, в расчет сопротивления воздуха.

Полезное действие свободной ракеты и ракетного экипажа.

Подсчитаем, какую долю энергии потребляемого горючего ракета переводит в полезную механическую работу.

Обозначим, как прежде, массу свободной ракеты до взрывания через M_i, после взрывания — через M_k; масса израсходованного горючего выразится тогда через $M_i - M_k$, скорость вытекания газа c. Живая сила вытекающих газов, т. е. кинетическая энергия, равна

$$\frac{1}{2}(M_i - M_k)c^2.$$

Это — полное количество энергии, какое способно развить находящееся в ракете горючее. Получаемая же полезная работа, т. е. кинетическая энергия ракеты при скорости v равна

$$\frac{1}{2}M_k v^2.$$

Отношение второй величины к первой и есть коэфициент k полезного действия свободной ракеты:

$$k = \frac{1}{2}M_k v^2 : \frac{1}{2}(M_i - M_k)c^2 = \frac{M_k}{M_i - M_k} \cdot \frac{v^2}{c^2},$$

или

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{M_i}{M_k} - 1}. \qquad (6)$$

Из формулы (2) имеем, что

$$\frac{M_i}{M_k} - 1 = e^{\frac{v}{c}} - 1$$

Значит в среде без тяжести полезное действие ракеты:

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}} - 1}. \tag{7}$$

Оно достигает наибольшей величины при $\frac{v}{c} = 1,6$ и равно тогда 65%.

Если $\frac{v}{c}$ невелико, можно формулу (7) упростить, исходя из того, что

$$e^{\frac{v}{c}} = 1 + \frac{v}{c} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^4} + \cdots$$

Тогда

$$k = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{\frac{v}{c} + \frac{1}{2} \cdot \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{\frac{c}{v} + \frac{1}{2}}. \tag{8}$$

В среде тяжести выражение для k сложнее; для случая вертикального подъема его нетрудно вывести, подставив в формулу (6) соответствующее значение $\frac{M_1}{M_k}$ из формулы (5).

Иначе выразится коэфициент k полезного действия ракетного экипажа (вообще — несвободной ракеты), где существенную роль играют помехи движению, как трение и сопротивление воздуха. Рассмотрим случай *равномерного* движения автоpакеты, т. е. случай, когда работа ракеты равна работе сопротивлений. Так как импульс силы равен количеству движения, то, обозначая через f силу, выбрасывающую продукты взрыва (она равна силе, увле-

кающей автомобиль), а через t — продолжительность движения, имеем

$$ft = (M_1 - M_k)\,c,$$

где M_1 — масса автомобиля до взрывания, M_k — его масса после взрывания; c — скорость вытекания газа. Для удобства обозначим $M_1 - M_k$, т. е. запас горючего, через Q, тогда

$$f = \frac{Qc}{t}.$$

Полезная же работа автомобиля равна:

$$fs = \frac{Qc}{t} \cdot vt = Qcv,$$

так как путь $s = vt$, где v — скорость автомобиля.

Энергия, затраченная при этом, составляется из двух частей: 1) из той, которая была израсходована на приведение горючего в равномерное движение со скоростью v; эта часть равна $\frac{1}{2}Qv^2$; 2) из той, которая расходуется на сообщение частицам отбрасываемых газов скорости c; часть эта равна $\frac{1}{2}Qc^2$. Вся затраченная энергия равна

$$\frac{1}{2}Qv^2 + \frac{1}{2}Qc^2.$$

Отсюда искомое полезное действие

$$k = \frac{Qcv}{\frac{1}{2}Qv^2 + \frac{1}{2}Qc^2} = \frac{2\frac{v}{c}}{1 + \frac{v^2}{c^2}}. \qquad (9)$$

Оно достигает наибольшей величины при $v = c$, т. е. когда автомобиль движется со скоростью вытекания продуктов взрыва.

По этой формуле легко вычислить полезное действие ракетного автомобиля; например для $c = 2000$ *м/сек* и $v = 200$ *км/час* $= 55$ *м/сек*:

$$k = 5{,}5\%.$$

Чтобы соперничать в экономичности с обыкновенным автомобилем, полезное действие которого около 20%, авторакета должна обладать скоростью не ниже 760 *км/час*. Но подобная скорость для колесного экипажа практически недопустима, так как сопряжена с опасностью разрыва бандажей колес центробежным эффектом.

4.

НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ПЕРЕЛЕТОВ.

Начальная скорость.

Читатели пожелают, вероятно, узнать, как вычисляется скорость, с которой тело должно покинуть планету, чтобы преодолеть силу ее притяжения. Вычисление основано на законе сохранения энергии. Тело должно получить при взлете запас кинетической энергии, равный той работе, которую ему предстоит совершить. Если масса тела m, а искомая скорость v, то кинетическая энергия («живая сила») тела в момент взлета

$$\frac{mv^2}{2}.$$

Работа же, совершаемая силой при перемещении с поверхности планеты в бесконечность (при отсутствии других центров притяжения), равна, как устанавливает небесная механика,

$$\frac{kmM}{R},$$

где M — масса планеты, R — ее радиус, а k — так называемая постоянная тяготения.* Абсолютную величину этой работы приравниваем кинетической энергии:

$$\frac{kMm}{R} = \frac{mv^2}{2},$$

откуда

$$v^2 = \frac{2kM}{R}.$$

Далее, мы знаем, что вес тела на поверхности планеты, т. е. сила, с какою планета его притягивает, равен, по закону тяготения:

$$\frac{Mkm}{R^2},$$

если масса тела m. Механика дает нам также и другое выражение для веса — произведение массы на ускорение, ma.

Значит

$$ma = \frac{kmM}{R^2}.$$

откуда

$$\frac{kM}{R} = aR,$$

и следовательно формула

$$v^2 = \frac{2kM}{R}.$$

принимает вид:

$$v^2 = 2aR$$

откуда

$$v = \sqrt{2aR}. \quad (10)$$

---

* См. Приложение 1.

Подставляя вместо a — ускорение тяжести на планете, а вместо R — радиус, получаем величину скорости, с какою тело навсегда покидает планету. Например, для Луны $a = 1{,}62$ *м/сек*², $R = 1\,740\,000$ *м*. Поэтому искомая скорость

$$v = \sqrt{2 \times 1{,}62 \times 1\,740\,000} = 2{,}38 \text{ км/сек.}$$

На том же можно основать вычисление начальной скорости снаряда или ракеты, которые, покинув Землю, должны долететь до точки равного притяжения между Землей и Луной. Масса Земли в 81 раз больше массы Луны, а так как сила притяжения уменьшается пропорционально квадрату удаления, то притяжения Земли и Луны уравниваются на расстоянии от Земли в 9 раз большем, чем от Луны (тогда притяжение Земли ослабеет в 9×9, т. е. в 81 раз больше, чем притяжение Луны). Значит, точка равного притяжения лежит в 0,9 расстояния между Землей и Луной; последнее равно 60,3 радиуса R земного шара, так что ядро должно пролететь расстояние $D = 0{,}9 \times 60{,}3\,R = 54{,}3\,R$. Обозначив искомую скорость, с какою тело должно покинуть Землю, через v, имеем для кинетической энергии тела в момент вылета $\frac{mv^2}{2}$, где m — масса тела. Произведенная же этим телом работа, по законам небесной механики, равна потерянной потенциальной энергии, т. е. разности потенциальной энергии E_1 и E в конечной и начальной точках пути. Поэтому

$$\frac{mv^2}{2} = E_1 - E.$$

Здесь E_1 есть потенциальная энергия тела в конечной точке пути по отношению к Земле и к Луне. Первая часть потенциальной энергии равна:

$$-\frac{kmM}{D},$$

где k — постоянная тяготения, M — масса Земли, m — масса брошенного тела, D — расстояние тела от центра Земли в конечной точке пути.

Вторая доля равна потенциальной энергии (по отношению к Луне):

$$-\frac{kmM_1}{d},$$

где k и m имеют прежние значения, M_1 — масса Луны, d — расстояние тела от центра Луны в конечной точке пути.

Величина E есть потенциальная энергия тела (в точке земной поверхности) по отношению к Земле и Луне.

Она равна

$$-\frac{kmM}{R}-\frac{kmM_1}{L},$$

где R — радиус Земли, L — расстояние от поверхности Земли до центра Луны, а k, m, M и M_1 имеют прежние значения.

Итак,

$$\frac{mv^2}{2}=E_1-E=\left(-\frac{kmM}{D}-\frac{kmM_1}{d}\right)-$$

$$-\left(-\frac{kmM}{R}-\frac{kmM_1}{L}\right),$$

или

$$\frac{v^2}{2}=\frac{kM}{R}+\frac{kM_1}{L}-\frac{kM}{D}-\frac{kM_1}{d}.$$

Подставим:

$$M_1=0{,}012\,M, \qquad D=54{,}3\,R,$$
$$L=59{,}3\,R, \qquad d=6\,R.$$

Имеем:

$$\frac{v^2}{2}=\frac{kM}{R}+\frac{k\cdot 0{,}012\,M}{59{,}3R}-\frac{kM}{54{,}3R}-\frac{k\cdot 0{,}012M}{6R},$$

или

$$\frac{v^2}{2}\approx 0{,}98\cdot\frac{kM}{R}=0{,}98gR,$$

откуда

$$v=\sqrt{1{,}96gR}.$$

Известно, что

$$g=9{,}8\ \textit{м/сек}^2;$$
$$R=6370\ \textit{км}.$$

Выполнив вычисления, получаем искомую скорость

$$v=1\,107\,000\ \textit{см/сек}=11{,}07\ \textit{км/сек}.$$

Указанным способом можно вычислить скорость и в других подобных случаях. Например, для определения скорости ракеты, взлетающей с Луны по направлению к Земле, имеем уравнение:

$$\frac{mv^2}{2}=-\frac{kMm}{54R}+\frac{kM_1m}{6R}-\frac{kMm}{60R}+\frac{kM_1m}{0{,}27R}.$$

Здесь предполагается, конечно, что ракета должна достичь лишь точки равного притяжения, откуда начнется падение на Землю. Зная, что масса M_1 Луны равна $\frac{M}{81}$, где M — масса Земли, имеем (после сокращения на m):

$$\frac{v^2}{2}=-\frac{kM}{54R}+\frac{kM}{486R}-\frac{kM}{60R}+\frac{kM}{22R}=$$
$$=-\frac{gR}{54}+\frac{gR}{486}-\frac{gR}{60}+\frac{gR}{22},$$

откуда $v=2{,}27$ *км/сек* — на сто метров меньше, чем скорость, вычисленная без принятия в расчет притяжения

Земли. С такой же скоростью должно удариться о лунную почву тело, падающее на Луну из точки равного притяжения, имея Землю позади себя.

Так производится расчет наличной скорости для артиллерийского снаряда, скорости, имеющей максимальное значение на земной поверхности. В случае ракеты скорость на уровне земной поверхности равна нулю и постепенно растет по мере взлета ракеты, пока не прекратится горение заряда. Следовательно, максимальную свою скорость ракета приобретает на некоторой высоте над Землей, где напряжение тяжести естественно меньше, чем на уровне моря. Поэтому максимальная скорость, уносящая ракету в межпланетный полет, меньше, чем для пушечного снаряда. Вычислим ее, сделав предпосылку, что ракета летит с ускорением, равным утроенному ускорению земной тяжести.

Обозначим высоту, на которой ракета приобретает максимальную скорость v, через x. Известно, что $v^2 = 2 \cdot 3g \cdot x = 6gx$.

Потенциальная энергия единицы массы ракеты на уровне x равна, согласно предыдущему:

$$\frac{gR^2}{R+x}$$

Потенциальная энергия той же единицы массы на высоте $54{,}3\,R$ (в точке равного притяжения) выражается суммой

$$\frac{gR^2}{54{,}3R} + \frac{0{,}16g \cdot (0{,}27R)^2}{6R} = 0{,}0204gR.$$

Потеря потенциальной энергии при перемещении ракеты с уровня x на уровень $54{,}3\,R$ составляет

$$\frac{gR^2}{R+x} - 0{,}0204gR$$

и должна, мы знаем, равняться кинетической энергии единицы массы ракеты, т. е. $\frac{1}{2}v^2$, или $3\,gx$. Имеем уравнение

$$\frac{gR^2}{R+x}-0{,}0204gR=3gx,$$

откуда $x=0{,}2616$, $R=0{,}2616\cdot 6370=1666$ *км*

Теперь из уравнения $v^2=6gx$, находим $v=9750$ *м/сек*.

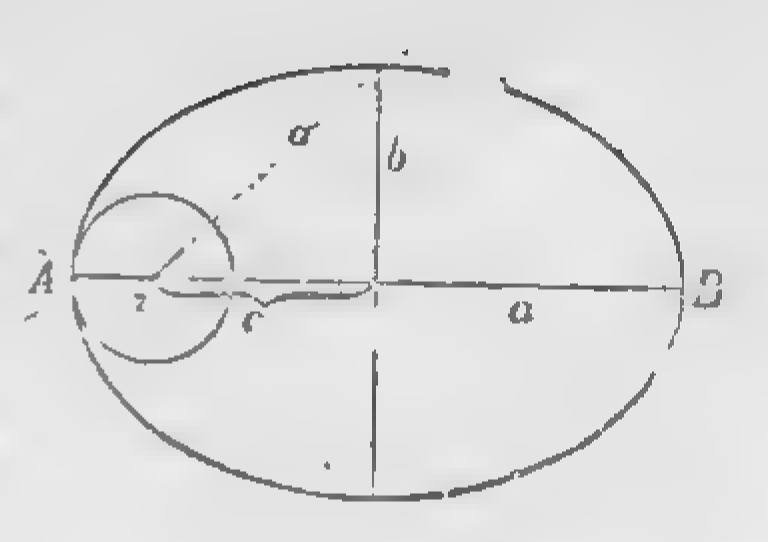
Итак, ракета, отвесно направляющаяся к Луне, достигает наибольшей своей скорости — $9\frac{3}{4}$ *км/сек* — далеко за пределами земной атмосферы. Число секунд t, втечение которого накопляется эта скорость, определяется из уравнения $9750=3\cdot 9{,}8\,t$, откуда $t=321$ сек. Можно вычислить, что под действием земной тяжести ракета потеряет $321\times 7{,}76=2490$ *м* своей секундной скорости (7,76 — средняя величина ускорения тяжести на протяжении 1666 *км* от земной поверхности). В общем итоге запас энергии, каким надо снабдить ракету для отвесного полета на Луну, должен отвечать скорости $9750+2490=12\,240$ *м/сек*.

Сходным образом можно установить, что при отвесном подъеме ракеты с Луны она приобретает максимальную скорость (2300 *м/сек*) на высоте 90 *км*, после 76 сек. подъема. И обратно: падая от точки равного притяжения на лунную поверхность, ракета должна начать замедление полета на высоте 90 *км*, чтобы при ускорении (отрицательном) $3g$ свести свою 2300-метровую скорость к нулю.

Вычисляя скорость, с какою тело должно покинуть Землю для удаления в бесконечность, мы принимали, что Земля — единственный центр, притяжение которого тело должно при этом преодолеть. На самом же деле приходится считаться также и с притяжением Солнца. Чтобы учесть это обстоятельство, установим сначала зависимость между скоростью тела на орбите и другими величинами

По второму закону Кеплера, площади, описываемые радиусом-вектором в равные времена, равны. Пусть тело

(планета) движется вокруг Солнца по эллипсу с полуосями a и b; период обращения T секунд, секундная скорость v, радиус-вектор r; тогда для точек перигелия и афелия имеем равенство



69. К расчету скорости полэта.

$$\frac{vr}{2}=\frac{\pi ab}{T},$$

где левая часть есть выражение (приближенное) для площади, описываемой радиусом-вектором в одну секунду, а πab—площадь эллипса. Имеем:

$$v=\frac{2\pi ab}{rT}. \qquad (11)$$

Пусть теперь тело (звездолет, планета), движущееся вокруг Солнца по круговой орбите радиуса r, должно перейти в точке A своего пути на эллиптическую орбиту с полуосями a и b. Определим, какое для этого необходимо изменение скорости.

Из третьего закона Кеплера следует, что отношение квадрата периода обращения планеты к кубу ее среднего расстояния от Солнца (или большой полуоси) есть величина постоянная; для планет солнечной системы эта постоянная равна (в единицах системы *см-г-сек*)

$$\frac{T^2}{a^3}=3\cdot10^{-25},$$

откуда

$$T=\sqrt{3\cdot10^{-25}a^3}=5{,}47\cdot10^{-13}\sqrt{a^3}.$$

Отсюда имеем скорость v кругового движения около Солнца на расстоянии r:

$$v_k=\frac{2\pi r}{T}=\frac{1{,}15\cdot10^{13}}{\sqrt{r}}. \qquad (12)$$

Обращаясь к эллиптической орбите, имеем (рис. 54) прежде всего

$$b = \sqrt{a^2 - c^2} = \sqrt{(a - c)(a + c)} = \sqrt{r(2a - r)}.$$

Из формулы (11) мы знаем, что скорость $v_э$ движения по эллиптической орбите в точке A

$$v_э = \frac{2\pi ab}{rT} = \frac{2\pi a}{T} \cdot \frac{b}{r} = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{a}} \cdot \frac{b}{r} =$$

$$= \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{a}} \cdot \frac{\sqrt{r(2a - r)}}{r} = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}} \sqrt{2 - \frac{r}{a}}. \quad (13)$$

Так как скорость v_k движения по круговой орбите (12)

$$v_k = \frac{1{,}15 \cdot 10^{13}}{\sqrt{r}},$$

то из сопоставления формул (13) и (12) имеем

$$v_э = v_k \sqrt{2 - \frac{r}{a}} \quad (14)$$

По этой формуле и вычисляется скорость, какую необходимо сообщить звездолету, чтобы с круговой орбиты он перешел на эллиптическую или удалился в бесконечность. В последнем случае полагаем большую полуось a эллипса равной бесконечности. Имеем:

$$v_\infty = v_k \sqrt{2 - \frac{r}{\infty}} = v_k\sqrt{2},$$

т. е. для удаления звездолета с круговой орбиты в бесконечность необходимо, чтобы круговая скорость его увеличилась в $\sqrt{2}$ раз. Так, для удаления с земной орбиты (соответствующая скорость 29,6 *км/сек*) в бесконечность нужна скорость

$$v_\infty = 29{,}6\sqrt{2} = 41{,}8,$$

т. е. приращение скорости $41{,}8 - 29{,}6 = 12{,}2$ *км/сек.*

Теперь мы можем вычислить скорость, какая должна быть сообщена звездолету для преодоления притяжения Земли и Солнца и, следовательно, для свободного удаления с Земли в бесконечность. Чтобы преодолеть притяжение, нужна начальная скорость 11,2 *км/сек*, т. е. работа (живая сила) для каждого килограмма веса звездолета.

$$\frac{11\,200^2}{2g} \text{ кгм.}$$

Чтобы преодолеть солнечное притяжение, нужна работа ($v = 12\,200$ *м/сек*)

$$\frac{12\,200^2}{2g} \text{ кгм.}$$

Общая работа для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца равна

$$\frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g}.$$

Искомая скорость x получается из уравнения

$$\frac{x^2}{2g} = \frac{11\,200^2 + 12\,200^2}{2g},$$

откуда

$$x = \sqrt{11\,200^2 + 12\,200^2} = 16\,600 \text{ м/сек.}$$

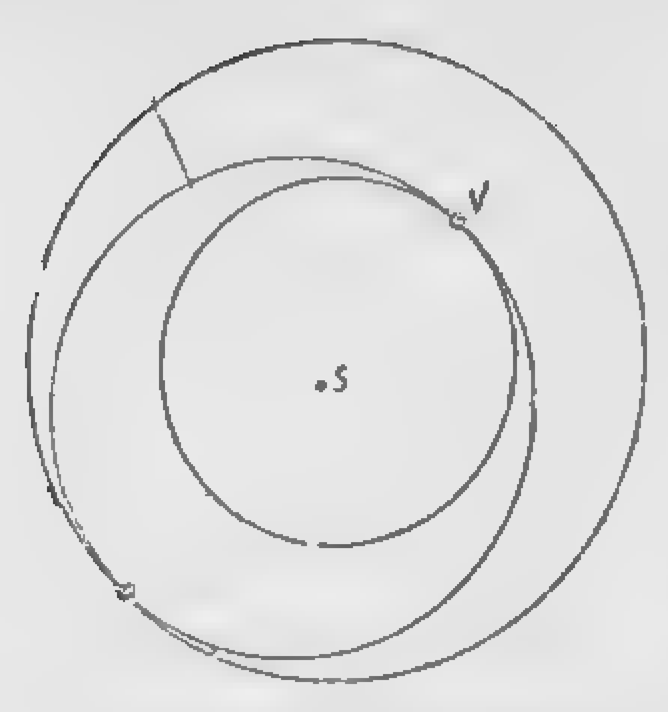
Вычислим теперь начальные скорости, необходимые для достижения планет Марса и Венеры. Для Марса

$$a = \frac{150 \cdot 10^6 + 228 \cdot 10^6}{2} = 189 \cdot 10^6 \text{ км.}$$

Поэтому из формулы (14) имеем

$$v = 29{,}6 \sqrt{2 - \frac{150}{189}} = 32{,}6 \text{ км/сек.},$$

т. е. нужна добавочная скорость $32{,}6 - 29{,}6 = 3$ *км/сек.*



70. Маршрут перелета с Земли (T) на Венеру (V).

Искомая скорость для преодоления совокупного притяжения Земли и Солнца вычисляется, как сейчас было показано:

$$v_M = \sqrt{11,2^2 + 3^2} = 11,6 \text{ км/сек.}$$

Таким же образом определяем, что для достижения Венеры нужна начальная скорость, не меньшая

$$v_B = \sqrt{11,2^2 + 2,5^2} = 11,4 \text{ км/сек.}$$

Продолжительность перелетов.

Перелет на Венеру. Продолжительность этого перелета, при условии минимальной затраты горючего, определится, если будет известен период обращения воображаемой планеты по эллипсу TV (рис. 70). Если S — Солнце, то $ST = 150 \times 10^6$ *км*, $SV = 108 \times 10^6$ *км*; среднее расстояние воображаемой планеты от Солнца равно $\frac{1}{2}(150 + 108) \times 10^6 = 129 \times 10^6$ *км*. По третьему закону Кеплера

$$\frac{x^2}{225^2} = \frac{(129 \cdot 10^6)^3}{(108 \cdot 10^6)^3} = \frac{215}{126} = 1,7,$$

где x — продолжительность обращения воображаемой планеты, а 225 суток — продолжительность обращения Венеры;

$$x = 225\sqrt{1,7} = 293 \text{ дня.}$$

Значит, полет в один конец займет 147 суток.

Перелет на Марс. Время перелета определяется из пропорции:

$$\frac{y^2}{365{,}25^2}=\frac{\left[\frac{1}{2}(228+150)\right]^3}{150^3}=\frac{189^3}{150^3}=\frac{675}{338}=2,$$

откуда

$$y=519 \text{ суток.}$$

Значит, перелет в один конец продлится 259 суток.

5.

ВНЕЗЕМНАЯ СТАНЦИЯ.

Для относящихся сюда расчетов воспользуемся рис. 54. Круг радиуса r пусть изображает земной шар, а эллипс — тот путь, по которому звездолет из точки A земной поверхности (экватора) долетает до круговой орбиты искусственного спутника.

Прежде всего вычислим, каков должен быть радиус круговой орбиты (не изображенной на чертеже) этого спутника, чтобы время его обращения равнялось земным суткам. Применим третий закон Кеплера, зная, что Луна обходит Землю в 27,3 суток на расстоянии 60,3 земных радиусов от центра Земли:

$$\frac{27{,}3^2}{1^2}=\frac{60{,}3^3}{x^3},$$

откуда

$$x=\sqrt[3]{\frac{60{,}3^3}{27{,}3^2}}=\frac{60{,}3}{9{,}06}\approx 6{,}66.$$

Итак, внеземная станция должна находиться в расстоянии 6,66 земного радиуса от центра Земли, чтобы период обращения равнялся 24 часам.

Скорость, которую нужно сообщить на Земле звездолету, чтобы он достиг орбиты такого искусственного спутника, есть скорость в точке A эллипса рис. 54. Вычислим ее по формуле (14):

$$v_A = v_k \sqrt{2 - \frac{r}{3{,}83r}} = v_k \times 1{,}32.$$

Здесь v_k — скорость свободного кругового обращения небесного тела около центра Земли на расстоянии одного земного радиуса, т. е. 7,92 *км/сек.* Следовательно, искомая скорость v_A отлета

$$v_A = 7{,}92 \times 1{,}32 = 10{,}5 \text{ км/сек.}^{*}$$

С какой скоростью звездолет достигнет орбиты искусственного спутника? Другими словами: какова скорость в точке B эллипса, противолежащей точке A? Находим ее, пользуясь вторым законом Кеплера; так как площади, описываемые радиусами-векторами в одну секунду, равны, то

$$10{,}5 \times r = x \times 6{,}66\ r,$$

откуда

$$x = \frac{10{,}5}{6{,}66} = 1{,}6 \text{ км/сек.}$$

Сравним ее со скоростью движения внеземной станции по своей круговой орбите; последняя скорость, очевидно, в 6,66 раз больше скорости движения точек земного экватора (0,465 *км*):

$$0{,}465 \times 6{,}66 = 3{,}1 \text{ км/сек.}$$

Значит, звездолету понадобится еще дополнительная скорость в $3{,}1 - 1{,}6 = 1{,}5$ *км/сек*, чтобы пристать к внеземной станции.

---

* Строго говоря, немного меньше, если воспользоваться суточным движением точек экватора.

Далее, скорость, с какою звездолет должен покинуть внеземную станцию для достижения, например, орбиты Луны, вычислим по формуле (14), вообразив соответствующий эллипс, охватывающий орбиту станции и касающийся изнутри орбиты Луны:

$$v_1 = v_c \sqrt{2 - \frac{6{,}66}{33{,}5}} = v_c \sqrt{1{,}8} = 1{,}34 \times v_c.$$

Так как скорость станции (v_c) равна 3,1 *км/сек*, то искомая скорость равна $1{,}34 \times 3{,}1 = 4{,}1$ *км/сек*.

Это всего на 300 *м* меньше той скорости, какая нужна здесь для полного освобождения от земного притяжения ($3{,}1 \times \sqrt{2} = 4{,}4$ *км*).

Если принять во внимание, что сама станция-спутник обладает скоростью в том же направлении, то для достижения Луны с внеземной станции понадобится лишь дополнительная скорость в $4{,}1 - 3{,}1 = 1$ *км/сек*. Соответствующее отношение $\frac{M_i}{M_k}$ масс заряженной и незаряженной ракет, при скорости вытекания газа 4000 *м*, равно

$$\frac{M_i}{M_k} = e^{\frac{1000}{4000}} = e^{0{,}25} = 1{,}28.$$

Масса горючего должна составлять менее $\frac{1}{2}$ массы ракеты после взрывания. Даже если мы желаем, чтобы звездолет мог в о з в р а т и т ь с я на внеземную станцию, т. е. чтобы он сохранил запас горючего, достаточный для торможения (0,28 окончательной массы), мы должны снабдить его первоначально запасом горючего, составляющим только 0,4 веса всей заряженной ракеты. Отсюда очевидна огромная выгода создания внеземной станции в смысле облегчения остальных задач звездоплавания.

6.

ДАВЛЕНИЕ ВНУТРИ ПУШЕЧНОГО СНАРЯДА.

Нам придется пользоваться лишь двумя формулами равноускоренного движения, именно:

1) Скорость v в конце t-ой секунды равна at, где a — ускорение:

$$v = at.$$

2) Пространство S, пройденное в течение t секунд, определяется формулой:

$$S = \frac{at^2}{2}.$$

По этим двум формулам легко определить (разумеется, только приблизительно) ускорение снаряда, когда он скользил в канале исполинской Жюль-Верновой пушки.

Нам известна из романа длина пушки — 210 *м*: это и есть пройденный путь S. Романист указывает и скорость снаряда у выхода из орудия 16 000 *м/сек*. Данные эти позволяют нам определить прежде всего величину t — продолжительность движения снаряда в канале орудия (рассматривая это движение как равномерно-ускоренное). В самом деле:

$$v = at = 16\,000,$$

$$210 = S = \frac{at \cdot t}{2} = \frac{16\,000 \cdot t}{2} = 8000\ t,$$

откуда

$$t = \frac{210}{8000} = \frac{1}{40}.$$

Итак, оказывается, что снаряд скользил внутри пушки всего 40-ю долю секунды.

Подставив $t=\frac{1}{40}$ в формулу $v=at$, имеем

$$16000=\frac{a}{40}, \text{ откуда } a=640\,000 \text{ м/сек}^2.$$

Значит ускорение снаряда при движении в канале равно 640 000 *м/сек* за секунду, т. е. в 64 000 раз больше ускорения силы земной тяжести.

Какой же длины должна быть пушка, чтобы ускорение это было всего в 20 раз больше ускорения тяжести (т. е. равнялось 200 *м/сек*²)?

Это — задача, обратная той, которую мы только что решили. Данные: $a=200$ *м/сек*²; $v=11\,000$ *м/сек* (при отсутствии сопротивления атмосферы такая скорость достаточна).

Из формулы $v=at$ имеем: $11\,000=200\,t$, откуда $t=55$ секундам.

Из формулы $S=\frac{at^2}{2}=\frac{at\cdot t}{2}$ получаем, что длина пушки должна равняться $\frac{11\,000\times 55}{2}=302\,500$ *м*, т. е. круглым счетом около 300 *км*.

7.

НЕВЕСОМОСТЬ СВОБОДНО ПАДАЮЩИХ ТЕЛ.

Положение, что свободно падающее или брошенное вверх тело ничего не весит, представляется многим настолько необычным и неожиданным, что его готовы принять за физический софизм (вывод правдоподобный, но ложный). Уместно будет поэтому указать на несколько опытов, могущих подтвердить правильность этого утверждения.

Первый опыт подобного рода, насколько мне известно, выполнен был знаменитым Лейбницем. Он привешивал

к чашке весов довольно длинную, наполненную водой трубку; на поверхность воды помещал металлический шарик, пустой внутри и закрытый. Устанавливал равновесие, затем открывал отверстие плавающего шарика, шарик наполнялся водой и падал вниз. Во время движения шарика, соответствующая сторона весов становилась легче, чашка с разновесками перетягивала (Ф и ш е р. История физики).

Целый ряд опытов подобного рода был выполнен около 1892—1893 гг. известным физиком проф. Н. А. Любимовым. Из этих остроумных опытов, странным образом преданных забвению,* укажем следующие:

1. Маятник с твердым стержнем, привешенный к вертикальной доске, отводится в сторону и удерживается в этом положении штифтом. Когда доске с этим маятником дают свободно падать, вынув штифт, удерживающий маятник, то последний остается в отклоненном положении, не обнаруживая стремления раскачиваться.**

2. К такой же доске прикрепляют стеклянную трубку в наклонном положении: вверху трубки кладут на ее скошенный край тяжелый шарик, удерживаемый штифтом. В момент падения доски штифт удаляют, но шарик остается вверху трубки, не скатываясь внутрь ее.

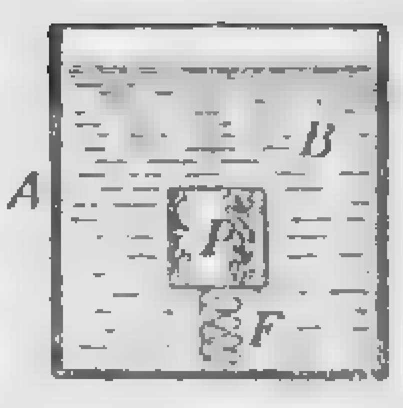
3. На той же доске укрепляют магнит, а под ним на палочку кладут железную полоску (якорь) в таком расстоянии, чтобы магнит не мог ее поднять. Во время падения

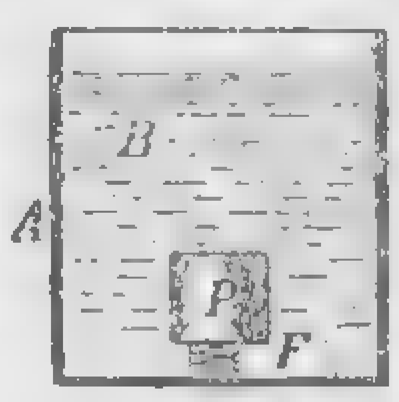
---

* В русских книгах (не считая очень редкой теперь брошюры самого Н. А. Любимова и его журнальных статей) я не нашел упоминания об этих опытах, и только в немецком сочинении Г. Гана «Physikalische Freihandversuche» встречается описание некоторых из них. Пользуюсь случаем с благодарностью отметить, что первым указанием на принадлежность описываемых далее опытов проф. Н. А. Любимову я обязан любезности проф. А. В. Цингера.

** Это явление принимается в соображение при устройстве для лифтов и клетей (в шахтах) безопасных приспособлений, которые должны автоматически начать действовать в случае разрыва подъемного каната. *Я. П.*

доски с магнитом и якорем последний притягивается магнитом.





71. Отмена закона Архимеда в падающей системе.

4. Закон Архимеда утрачивает свое значение при падении системы. Представим себе, что в сосуд с водою погружена пробка (рис. 71). Пружина удерживает ее в воде вопреки давлению жидкости снизу вверх, повинуясь которому пробка всплыла бы наверх. Во время падения сосуда с пробкой этого давления снизу вверх нет (так как давление жидкости обусловлено в данном случае ее весомостью), и пробка опускается вниз (Н. А. Любимов, «Из физики системы, имеющей переменное движение»).

Отметим еще одно любопытное явление: жидкость из сосуда в падающей системе, под давлением больше атмосферного, вытекает прямолинейной струей, без параболического изгибания.

«Явления того же порядка, — пишет Н. А. Любимов в упомянутой выше брошюре, — могут быть наблюдаемы, в известной степени, не только при свободном падении системы, но и в системе, катящейся вниз по наклонной плоскости или качающейся. Опыты с катящейся по наклонной плоскости или качающейся системой могут быть произведены с тем большим удобством, что наблюдатель сам может поместиться в скатывающейся или качающейся системе (катиться с горы, качаться на качелях) и следить за явлением. Нет особого затруднения устроить и свободно падающую систему с помещенным в ней наблюдателем, озаботившись, чтобы падающая система — например корзина на перекинутой через блок веревке — достигала Земли без толчка, с утраченною уже скоростью».*

* В 90-х годах XIX века подобное устройство было предложено (но, кажется, не осуществилось) во Франции в качестве развлечения

Вопрос этот — несмотря на элементарность — почти не затрагивается ни в учебниках, ни в большинстве общедоступных книг по физике. Укажем поэтому несколько сочинений, в которых он рассматривается с той или иной стороны (начинаем с более общедоступных):

В. Л. Розенберг. Первые уроки физики. 1914.*
Я. И. Перельман. Занимательная физика. 1931.
Его же. Знаете ли вы физику? Изд. 2-е.
К. Э. Циолковский. Грезы о земле и небе. 1935.
Н. А. Любимов. Из физики системы, имеющей переменное движение. 1893.
Герман Ган. Физические опыты. Русск. перевод в изд. «Физика любителя». 1911, ч. I, § 48. Сила тяжести.
А. Поспелов. Об относительной потере веса тел в падающей системе. 1913.
Его же. Мир переменной весомости тел.
В. Кирпичев. Беседы по механике.

Кроме того, с иной точки зрения о том же трактуется во многих книгах, посвященных общему принципу относительности.

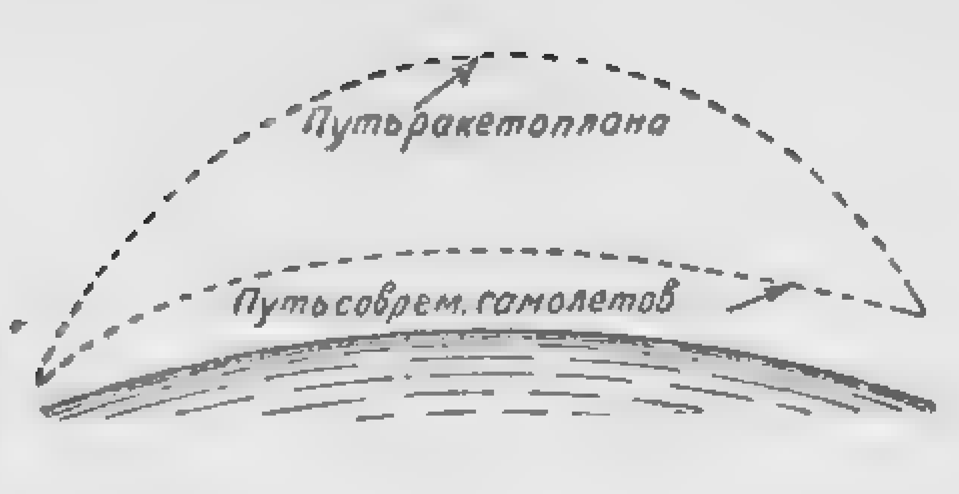
8.

ЧЕРЕЗ ОКЕАН НА РАКЕТЕ.

Приводимая далее статья д-ра мед. В. Шлера была помещена в немецком научном журнале «Die Umschau» в ноябре 1928 г. Под видом отчета корреспондента печати о первом рейсе ракетного самолета из Европы в Америку, состоявшемся будто бы в 1928 г., автор рисует картину

для любителей сильных ощущений; камера с посетителями должна была падать с высокой башни в бассейн с водою; погружаясь в воду, камера замедляет свое движение, останавливается и затем всплывает. *Я. П.*

* Соответствующая статья В. Л. Розенберга вошла в составленную мною «Физическую хрестоматию» (1924 г.), вып. I.



72. Перелет в Америку через стратосферу.

будущего ракетного перелета через океан. В подлиннике статья озаглавлена «В 26 минут в Америку. Отчет нашего специального корреспондента». — Перевод сделан с несущественными сокращениями.

«Стратосферный полет представителей печати назначен был на сегодня в 13 часов. Прибыв на Темпельгофский аэродром, мы были встречены членами президиума Союза Звездоплавания, которые познакомили нас с особенностями ракетного полета. Аппарат, предназначенный для стратосферы, по внешности напоминает обыкновенные гражданские самолеты и отличается от них лишь размерами и толщиной несущих плоскостей, внутри которых устроены кабины для пассажиров. Между кабинами помещается ракетный аппарат с выводной трубой, глядящей отверстием назад. На самолете установлена также реактивная группа, обращенная отверстиями вперед: она служит для торможения при спуске. Имеется и пара пропеллеров, которые при старте машины поднимают ее на известную высоту, прежде чем начнет работать спиртокислородная ракета.

Мы получили объяснения по поводу важнейших предметов оборудования стратоплана, — например аппаратов для добывания и очищения искусственного воздуха, для отопления и т. п., сходных с соответствующим оборудованием подводной лодки. Входная дверь закрывается герме-

тически, а во время полета завинчивается наглухо. Окно кабины тоже плотно примыкает к стене; стекло свинцовое, темнокоричневое. Такое окно пропускает лишь немного дневного света, так что кабина, несмотря на ясный солнечный день, освещалась электрическими лампами. Стены и потолок мягко обиты изнутри кожей, пол покрыт пробковой массой. На потолке, на стенах, у скамей имеются многочисленные ременные петли, держась за которые мы будем передвигаться в состоянии невесомости. Особенно интересны скамьи, устроенные в кабине поперек направления полета; это вогнутые, мягкие диваны, над которыми натягивается сетка. При значительном ускорении и быстром торможении аппарата очень важно, чтобы все предметы были укреплены неподвижно, а багаж был плотно уложен в мягкие, надежно закрывающиеся ящики.

К самым ракетным аппаратам мы не были допущены, зато осмотрели помещение для пилота, которое, впрочем, мало отличалось от устройства, знакомого нам по обыкновенным самолетам, если не считать рычагов для пуска и включения ракетной группы. Заслуживают упоминания укрепленный здесь динамометр для измерения величины ускорения и замедления, затем актинометр для измерения коротковолнового излучения и прикрепленные на наружной стенке особые термометры для измерения низкой температуры стратосферы.

За объяснениями и осмотром наступило 20 минут 13-го часа; мы стали пристегивать наш багаж, разыскали наши ложа, накрылись сетками и надежно закрепили их крючками. Без 30 сек. 13 час. прозвучал сигнальный колокол, спустя 10 сек. — второй, и я с сильным сердцебиением ожидал старта. Ровно в 13 раздалась в громкоговоритель команда:

— Отчаливаем!

Одновременно донеслось жужжание пропеллеров, подни-

мавших аппарат с Земли. Мы летели так минуты три, когда прозвучал третий сигнальный колокол. Раздалось невероятное шипение, и я внезапно был придавлен с страшной силой к своему ложу. Мне едва не сделалось дурно от этого усиленного движения. Кровь стучала в ушах; казалось, меня поборол какой-то великан. Сила, с которой напирала на мою грудь сетка, мешала мне свободно дышать, пот выступил на лбу, а связка ключей в кармане чувствительно вдавливалась в бедро. Костюм сразу стал чересчур тесен, рубашка стягивала туловище. Я сделал попытку двигать членами: рука, протянутая к карманным часам, — потому что протекшие секунды казались мне чересчур долгими, — сразу отяжелела; казалось, она весила центнер (100 *кг*). Потея и кряхтя, я едва мог достать свои часы. Но непривыкший к усиленной тяжести, я захватил их слишком слабо: с силою вырвались они из моей руки, проскользнули через ячейки сетки, разорвали часовую цепочку и со звоном ударились о противоположную стену. Обескураженный, я отказался от дальнейших попыток к движению и предоставил себя на волю судьбы.

Внезапно начались сильнейшие колики в области живота. Я напряг всю волю, чтобы не поддаваться боли, — как вдруг шипение ракеты умолкло. Сейчас еще меня придавливало к сетке дивана — теперь же я, как теннисный мяч, отлетел к противоположной стороне моего ложа. У меня было ощущение, будто я падаю с высокой горы в расщелину, и когда я вновь овладел своими чувствами, я крепко держался руками за сетку. Аппарат все еще казался падающим, и каждую секунду я со страхом ожидал, что ракета ударится о волны Атлантического океана.

Громкоговоритель передал голос командира:

— Двадцать минут полной невесомости. Пассажиры могут отстегнуть сетки и двигаться свободно. Держитесь

постоянно за ремни, чтобы ни обо что не удариться и не ушибить друг друга.

Я переживал удивительное ощущение никогда еще не испытанной бесплотности, словно падал под водою и утратил сознание того, где верх и где низ. Закружилась голова; казалось, вся кабина тихо вращается вокруг меня. Я почувствовал потребность покинуть свое ложе и стать на ноги. Поспешно отстегнул я свою сетку, чтобы стать на пол — и вдруг заметил, что свободно витаю в пространстве.

Неожиданно, как опытный пловец, подплыл ко мне в воздухе служитель стратоплана и ловко ухватился за один из ремней возле моего ложа. Его появление воскресило в моей памяти физические законы, относящиеся к состоянию невесомости; вместе с тем сразу исчезли все неприятные ощущения, и проснулся живой интерес к совершающимся явлениям. Пока служитель занят был улавливанием обломков моих часов, витавших в пространстве, я подтянулся к окну кабины. Когда мы были на Земле, дневной свет едва пробивался через темное стекло, — здесь же я видел сияющее Солнце, висевшее белым раскаленным шаром на черном небе. Возле самого Солнца блистали бесчисленные звезды, а неподалеку виден был серп молодого месяца. В свободной от пыли стратосфере была отчетливо видна и неосвещенная Солнцем часть лунного диска, залитая отраженным светом Земли. Яркое Солнце ослепляло меня; оно затмевало свет электрических ламп в кабине и рельефно освещало ее внутренность.

Часы показывали 13 ч. 12 мин. Мы находились на высоте 50 *км* над земной поверхностью. Наружная температура была 54° ниже нуля; давление воздуха — только 1 *мм* ртутного столба. Хотя электрическое отопление было выключено, в кабине было довольно тепло благодаря тому, что обращенная к Солнцу наружная поверхность страто-

плана была матово-черная: энергия лучей Солнца поглощалась и проводилась внутрь кабины. Подробности земной поверхности отсюда не различались: под стратопланом сияла лишь освещенная Солнцем туманная оболочка Земли.

Наступило время завтрака, но его, к сожалению, нельзя устроить на стратоплане. Хотя продвижение проглоченной пищи в пищеводе производится перистальтическими движениями, но в условиях невесомости возникает опасность, что пища, особенно жидкая, попадет «не в то горло», т. е. в дыхательное горло, оттуда в легкие и вызовет здесь воспаление. После того как во время пробного полета такое неудачное глотание стоило жизни машинисту, еда и питье в стратоплане были безусловно воспрещены. Запрещение имеет еще и другое основание: хлебные крошки, капли воды, всякого рода пыль в среде без тяжести не оседают вниз, а носятся в воздухе; неосторожность одного пассажира может совершенно засорить воздух для дыхания; пришлось бы надевать особые маски и поспешно фильтровать воздух, чтобы задержать хотя бы часть пыли.

Я осведомился, не представляет ли для нас опасности «проникающее» излучение Кольхерстера.* Правда, Кольхерстер сам разъяснил, что это коротковолновое излучение даже в стратосферу проникает уже в столь ничтожном количестве, что вредное действие его на человеческий организм весьма мало вероятно. Но все же пассажиры стратоплана не вполне ограждены от коротковолнового излучения Вселенной, так как оно действует на фотографическую пластинку в кассете подобно рентгеновским лучам. По этой причине для окон нашей кабины и взято свинцовое стекло, до некоторой степени задерживающее коротковолновые лучи.

* Космические лучи, или лучи Гесса (часто называемые также лучами Милликена). *Я. П.*

В 13 часов 24 минуты по громкоговорителю раздалась команда «Вернуться к своим койкам и накрыться предохранительными сетками». Началось шипение тормозных ракет. На этот раз мне удалось легко перенести две неприятные минуты усиленной тяжести. Несчастный случай, свидетелем которого мне пришлось быть, сократил для меня этот длительно протекающий промежуток времени. Представитель спортивной прессы, сам страстный спортсмен, недооценил, повидимому, опасностей усиленной тяжести: он отстегнул сетку, чтобы испытать это состояние на ногах. Искусственная тяжесть в нашем аппарате была в четыре раза сильнее нормальной — напряжение, которое можно переносить лишь лежа. Едва началось шипение ракет, как спортсмен судорожно схватился за ремень. Я хотел его предостеречь — но мой оклик опоздал: усиленная тяжесть вызвала прилив крови к нижней части его тела, лицо с каждой секундой становилось все бледнее, он выпустил ремень, как стрела налетел на соседнюю стенку и остался там неподвижен.

Тормозные ракеты прекратили свою работу, наш аппарат снижался, уменьшая остаток скорости действием особых рулей. Свет, проникающий сквозь окна, снова стал меркнуть и мутнеть, и после короткого планирования мы плавно спустились на Землю. Было 7½ часов утра по американскому времени.

В номере гостиницы я быстро набросал отчет и — новая сенсация! — депеши наши будут в 12 часов дня переброшены в Германию на оберт-годдардовой почтовой ракете; они прибудут в 6½ часов по средне-европейскому времени».

9.

В РАКЕТЕ НА ЛУНУ.

Рассказ проф. Г. Оберта.

Ниже приводится из книги Г. Оберта «Пути к звездоплаванию» отрывок, представляющий собой научно-фантастический рассказ о перелете на Луну. Он дает наглядную картину того, как, по мнению знатока звездоплавания, будет протекать межпланетное путешествие.

«...Ракетой должен был управлять инженер Мюллер, мне же поручено было производство астрономических наблюдений.

В феврале 19** года ракета была готова и названа «Луной». Чтобы испытать ее органы управления и регистрирующие аппараты, она была пущена без пассажиров на высоту 4200 *км*. Все ракеты этого типа устроены так, что могут подниматься и без пилота. Произошло это вот почему. Первоначально сооружались только маленькие аппараты, могущие поднимать полезного груза 0,5—1 *кг*. Так как их приходилось, конечно, пускать без пилота, то понадобилось изобрести приспособления, обеспечивающие сохранение ракетой надлежащего курса, — например волчок, контролирующий положение руля, и т. п. Приспособления эти удержались впоследствии и на крупных ракетах, так как оказалось целесообразным снять с пилота заботы о многом таком, что он мог бы выполнить и сам; полезно освободить руки для астрономических наблюдений; к тому же машина работает хладнокровнее и точнее, чем человек.

Первый непассажирский подъем прошел удовлетворительно, и в начале марта Мюллер поднялся в ракете на 5000 *км*, чтобы проверить ее способность управляться

пилотом... Он разыскал меня и сообщил, что предполагает в середине июня совершить облет вокруг Луны.

Начались приготовления к путешествию. Чтобы приучить пассажиров к усиленному давлению, их помещали в кабину, которая помощью металлического рычага 200—400 *м* длины приводилась в круговое движение.

К середине июня я был уже подготовлен настолько, что мог совершить подъем на «Луне». В мае я отправился в Индию, так как мы должны были взлететь с Индийского залива. В начале июня мне пришлось впервые увидеть нашу «Луну». Это было стройное сооружение 35 *м* в длину и 10 *м* в поперечнике. Оно состояло из одной спиртовой и двух водородных ракет, рассчитанных так, что в итоге достигалась скорость 15 *км/сек*. Разумеется, достаточна была начальная скорость всего в 11 *км*. Но, во-первых, максимальная скорость приобретается ракетой не сразу, а спустя лишь пять минут, причем сопротивление воздуха и земная тяжесть похищают 1 *км* скорости.

Во-вторых, полезно иметь в запасе некоторое количество горючего, чтобы влиять на полет ракеты, если она отклонится от пути.

12 июня прибыл «Тагор» с грузом горючего для нашего путешествия. Мы сели на пароход, взяли «Луну» на буксир и отплыли.

14-го утром «Тагор» остановился, и мы приступили к наполнению ракеты. Сначала через резервуары ракеты пропускался свеже-испаренный водород, чтобы охладить их стенки. Если бы жидкий водород был сразу налит в резервуары, металлические стенки их вероятно лопнули бы, как трескается горячий стакан, в который наливают холодную воду. К половине одиннадцатого наша ракета была покрыта толстым слоем льда и достаточно охлаждена, чтобы можно было ее наполнить. Толстые шланги протя-

нулись от парохода к ракете, — сначала к спиртовой, затем к водородным. «Луна», до сих пор мелко плававшая на воде, стала задним концом погружаться в воду, выступая передним.

В 11 ч. 5 м. наполнение было закончено. Мюллер и я забрались в каюту ракеты, закрыв за собой герметически дверь. Внутри было не совсем темно: через перископы проникало немного света. Я глянул в один из них и увидел наш «Тагор», удаляющийся на всех парах. Он спешил уйти из зоны сильного волнения и смерчей, порождаемых вытекающими газами ракеты.

Мюллер стал возиться у стены. Раздалось слабое металлическое гудение, и зажглась маленькая электрическая лампочка.

— Пускаю в ход нашу динамомашину, работающую, конечно, на водородном моторе, — сказал Мюллер. — Так. А теперь пустим в ход рулевые гироскопы. Когда мы отправляемся? — спросил он меня.

— В 11 ч. 30 мин. 46 сек. ракета должна на высоте 1230 *км* иметь секундную скорость 10 700 *м*. Возможно это?

Мюллер взглянул на указатель ускорения.

— Конечно, — отвечал он. — Помогите мне немного при аппаратах. Мы должны сняться с места в 11 ч. 25 мин 30 сек.

Через 5 мин. мы подготовили аппараты и пустили в ход большие насосы спиртовой ракеты. Оставалось только зажечь газ в камере сгорания. Мы извлекли койки, подвесили их в середине каюты и улеглись в них.

Металлические стенки резервуаров при температуре жидкого водорода сделались тверды, как стекло. Едва закипели сжиженные газы, раздался звон словно сотни колоколов. Волнение моря укачивало нас. В 11 ч. 25 мин. газы под нами закипели сильнее; ракета дрожала. Еще через

24 сек. последовал толчок. Электрический зажигатель был включен, и ракета поднялась из воды.

Спустя несколько секунд кругом захрустело, словно река освобождалась от ледяных оков. Это растрескалась, благодаря особому механизму, ледяная корка, облекавшая ракету, и упала в море. И точно в 11 ч. 25 мин. 30 сек., секунда в секунду, наша ракета начала свой полет.

Усиленной тяжестью меня притиснуло к висячей койке. Невозможно было бы в этот момент стоять на ногах. В перископ заметил я кратероподобное углубление в воде моря, окруженное венцом белой пены: это было место, куда ударял поток газов, вытекавших из нашей ракеты. Спустя 25 сек. мы проносились уже через облачную пелену «барашков», а еще через минуту я увидел на горизонте вершины Гималаев, хотя мы находились от них в тысяче километров. Прошла минута — и заряд спиртовой ракеты был исчерпан; эта часть нашей «Луны» была отброшена, а с нею и первая оболочка, облекавшая ракету.

Теперь вступила в работу нижняя водородная ракета. Она вздрагивала, и нам казалось, что мы находимся на спине исполинского животного, силившегося от нас освободиться. Напоминало вздохи чудовища также пыхтение насосов, нагнетавших горючее в распылитель. Однажды дюзы испустили даже глухое, хриплое рычание, от которого все в каюте затряслось и зазвенело. Но Мюллер сумел все снова привести в порядок.

Через две минуты иссякли запасы горючего и в этой ракете; начала работать верхняя водородная ракета, от которой в большей степени зависел успех предприятия, чем от первых двух. Неисправность первых ракет обусловила бы то, что корабль не полетел бы на Луну и упал бы обратно в море; неисправность же третьей ракеты ставила на карту нашу жизнь. Недаром лучшие инженеры и механики Германии работали над нею почти целый год. Это было

своего рода чудо техники. Ракета работала превосходно. У меня уже не было ощущения, что я нахожусь на ускоренно-движущемся теле. Я чувствовал себя только отяжелевшим и словно уплотненным.

Спустя две минуты были израсходованы запасы и этой ракеты, а еще через две секунды всякое ощущение весомости исчезло. Я парил свободно в середине каюты

— Итак, уберем койки и устроимся поудобнее, — сказал Мюллер.

Мы свернули койки, и Мюллер привел в действие приспособление, которое откинуло верхнюю оболочку ракеты. Каюта осветилась множеством окон.

Я был ошеломлен видом, открывшимся передо мной. Я парил в середине ракеты, и малайшего плавательного движения было достаточно, чтобы привести меня в желаемое место. Только теперь заметил я ряд ременных поручней, свисавших со стен. Не держась за них, невозможно было бы оставаться неподвижным.

Солнечный свет обильно лился через окна. Но они казались не светлыми, а черными, и словно излучали холод, между тем как там, куда прямо падали лучи Солнца, скоро становилось почти горячо. Это оттого, что Солнце не освещает пустоты мирового пространства.

Блестящим диском висит оно на совершенно черном небе. Заслонив рукою глаза от Солнца, я стал постепенно различать на небе отдельные звезды. Небо было не темносиним, как в наши темные ночи (на юге), а коричневатым, как закопченный фарфор. Казалось, мы витаем в центре необъятной сферы, на одной стороне которой круглилась Земля, занимавшая около третьей части неба. В другой стороне блистало Солнце, окруженное своеобразным сиянием в форме неправильного четырехугольника. Это так называемый «зодиакальный свет», — явление, которое обусловлино, повидимому, мельчайшими пылинками, летаю-

щими около Солнца. Заслоняя рукой Солнце, я мог различать и лучи солнечной короны, видимой на Земле лишь в моменты полного солнечного затмения.

Недалеко от Солнца виднелся, словно из матового стекла, диск Луны. Она была обращена к нам своей ночной стороной и освещалась Землей. Это был первый случай, когда я видел месяц в фазе новолуния.

Однако мы не оставались без дела. Над каютой, под сложенным парашютом у нас запасено было большое вогнутое зеркало, которое мы и приспособили в качестве объектива телескопа. Маленькая зрительная труба в каюте служила окуляром. Мы обошлись в этом случае без большой трубы и тяжеловесной установки, так как невесомые части нашего телескопа сохраняли надлежащее взаимное положение без особых приспособлений.

Мы достигли увеличения в 100 000 раз при полном отсутствии воздуха, искажающего изображение.

— Недурно было бы вам облачиться в водолазный костюм и совершить со мной прогулку вне ракеты, — сказал Мюллер.

Мы надели наши «водолазные» костюмы, изготовленные из резины и обтянутые металлическими обручами для защиты от разрыва внутренним давлением. Шлем был сделан наполовину из прозрачной массы, позволявшей глядеть во все стороны. На спине у нас имелся резервуар с сжатым воздухом, рассчитанный на 1—1½ часа дыхания. Выдыхаемый воздух поступал в трубку с едким кали, поглощавшим углекислый газ (и делавшим его вновь годным для дыхания). Но мы могли также выпустить его через особый клапан наружу, получая при этом обратный толчок; благодаря этому мы имели возможность передвигаться в пустоте. Чтобы обеспечить себе возвращение в каюту, мы привязались к ней шнурами. В шнуры были вплетены телефонные провода; благодаря этому, мы могли перегова-

риваться, несмотря на то, что в пустом пространстве звук не распространяется.

Мюллер стал объяснять мне наружное устройство нашей кабины.

— Кабина, как видите, с одной стороны покрыта черной бумагой. Вам известно, что Солнце не согревает пустого пространства; зато нагреваются все тела, озаряемые солнечными лучами, причем поверхности черные нагреваются сильнее, чем светлые. Однако черные поверхности и больше излучают тепла. Так как нам здесь недостаточно тепло, то мы поворачиваем кабину черной стороной к Солнцу, а светлой к тени. Если нам придется со временем предпринять путешествие в области, более близкие к Солнцу, мы поступим наоборот.

Таким манером мы можем иметь в кабине всегда ту температуру, какую пожелаем. Окна нашей каюты закрываются зеркальными ставнями, чтобы оградить нас от воспаления глаз, неизбежного, когда подвергаешься непрерывному действию солнечных лучей. Кроме того это сослужит нам хорошую службу, если мы очутимся в тени крупного небесного тела; мы скинем тогда черную бумагу и заслоним окна блестящими ставнями. Знаком вам принцип термоса?

— Конечно: сосуд с блестящими стенками окружен пустым пространством; через теплопроводность он не может терять теплоты, так как в пустоте нет материи, способной ее проводить. Путем излучения теплота также не может теряться в заметном количестве, так как зеркальная поверхность плохо излучает энергию. В итоге содержимое остается горячим.

— Прекрасно; то же самое происходит и здесь: кабина с блестящими стенками окружена пустым мировым пространством... Взгляните-ка, однако, на часы, мне они не видны. Который час?

— Половина первого. Пора определить наше местоположение.

— Очень хорошо, а я займусь обедом. Итак, забираемся обратно в каюту!

Земля быстро уменьшалась. Теперь она казалась диском с красными краями, окаймленным голубой полоской. Над полюсами витали короной полярные сияния. На густо-черном, усеянном звездами фоне неба резко выделялись синие моря, темнозеленые тропические страны, желтые пустыни, черные тундры, светлозеленые степи, белые полярные области. А над ними парили снежно-белые облака.

Но я не мог долго любоваться всем этим. Надо определить наше местоположение, так как теперь самое удобное время исправить путь ракеты. Я взял в руки таблицы, где предвычислено было положение и видимые размеры Земли для каждого момента путешествия, и установил, что наша планета занимает как раз то положение и имеет ту угловую величину, которые были наперед вычислены. Значит, мы летели правильно. Затем я проверил исправность наших регистрирующих аппаратов.

Приступили к обеду. Суп пришлось не поглощать ложками из тарелок, а высасывать через алюминиевую трубку из шарообразных сосудов...

После обеда Мюллер извлек из ящика бутылку и приставил ее горлышком к моим губам.

— Так пить неудобно, Мюллер. Разве вы не захватили рюмок?

— Рюмки-то есть, но как вы их наполните?

— Как-нибудь да налью.

— Испытайте ваш способ на бутылке с водой.

Я наклонил бутылку. Вода не текла. В досаде я тряхнул бутылку — выскочила вода, ударилась в рюмку, вновь отскочила и разбилась на мелкие шарики, которые носились

по каюте, натыкаясь на стены, отпрыгивали назад, рассыпаясь на более мелкие капли. Вся каюта, словно роем комаров, наполнилась летающими каплями.

— Вы слишком погорячились. Вот как я устраиваюсь, — сказал Мюллер.

Он смочил кисть левой руки несколькими каплями и, держа мокрые пальцы у горлышка бутылки, потряхивал ею помощью правой руки, отводя ее в то же время медленно назад. Мне казалось, что он извлекает из бутылки водяной шар. Когда он убрал руки, перед ним в самом деле витал шар воды.

— Подобие небесного тела, — объявил Мюллер и приблизил к шару эбонитовый гребень, предварительно наэлектризованный о сухие волосы: шар вытянулся в форме эллипсоида и поплыл к гребню.

... Я «лег спать». Это надо понимать так, что я повис на двух поручнях, засунув в них руку и ногу. Ремни, конечно, не врезались в мое тело: ведь я был невесом.

Когда я проснулся в четыре часа, Мюллер уже был снаружи в своем водолазном снаряжении и делал опыты с электрическими лучами. Я забыл упомянуть, что одновременно с нашей ракетой в мировом пространстве летела еще и другая, которая и связалась с нами сигнализацией.

Я приступил к своей работе. Луну рано было еще наблюдать, но я мог хорошо видеть в этот день Марс и Юпитер.

В 9 часов вечера я закрыл ставни и устроился на покой. Слово «вечер» надо понимать условно, так как наше положение относительно Солнца нисколько не изменилось. Мы не составляли теперь части Земли, мы были самостоятельным небесным телом. Вечер наступил не у нас, а в той точке Земли, откуда мы полетели.

К вечеру третьего дня (т. е. вечер был тогда в Индии) ракета приблизилась к Луне до расстояния 50 000 *км*.

Мы различали узкий, озаренный Солнцем серп, который рос и ширился на наших глазах. Я мог установить, наконец, что мы находились на 500 *км* ближе к Луне чем следовало. Ошибку нетрудно было исправить, сообщив ракете ускорение (по направлению к Земле) в 1,35 *м/сек* за секунду. Маневр этот отнял всего одну минуту, но оставил во мне впечатление, от которого я не мог освободиться до самого конца путешествия. До сих пор Земля была внизу, а Луна вверху сбоку. И вдруг — Земля оказалась вверху, а Луна внизу сбоку, ракета же при этом ничуть не повернулась, да и я не повернулся: все оставалось как было до сих пор. Почему же у меня возникло такое ощущение? Это было словно сновидение. Ты не поворачиваешься, мир тоже не поворачивается — и все же ты чувствуешь, что находишься вовсе не в том положении, в каком был до сих пор! (Причина иллюзии — искусственная тяжесть, обусловленная ускорением). Земля оказалась для меня снова «внизу» лишь тогда, когда наша ракета, возвратившись на Землю, закачалась в водах океана».

10.

СТРАТОСФЕРА.

Высшим слоям атмосферы уделяется здесь особое место потому, что исследование их явится ближайшим этапом развития ракетной техники. В настоящее время знания наши о физических условиях, господствующих в высоких областях атмосферы, скудны и во многом гадательны. Объясняется это отсутствием в нашем распоряжении подходящих средств для проникновения в крайние высоты атмосферы. Самый высокий подъем на самолете (мировой рекорд) — до высоты 14 575 *м* — совершен 21 ноября 1935 г.

советским летчиком Коккинаки. Воздушные шары только 9 раз достигали выше 16 *км.* *

Шары-зонды, т. е. маленькие аэростаты без пилота, несущие измерительные приборы-самописцы, удавалось пускать до высоты 36 *км.* Выше — до 40 *км* — проникали только снаряды сверхдальнобойной германской пушки 1918 г., — но стрельба эта не ставила себе исследовательских задач. Между тем верхняя граница земной атмосферы лежит гораздо выше. Полярные сияния, разыгрывающиеся на высоте 500 и более километров над земной поверхностью, говорят о том, что даже в этих отдаленных областях имеются еще ощутительные следы воздуха. О физических условиях на подобных высотах приходится заключать, исходя лишь из теоретических соображений, которые опираются на наблюдения над ходом сумерек, над свечением метеоров, над распространением волн звука и радио.

По современным воззрениям, атмосфера расслаивается по высоте на два яруса: нижний, называемый т р о п о с ф е р о й, и верхний — с т р а т о с ф е р у.

Такое расчленение присуще не только атмосфере нашей планеты, но также и некоторых других, — например, Венеры, Юпитера, Сатурна. Различаются оба яруса, главным образом, по признаку распределения температуры. В нижнем ярусе, в тропосфере, температура с высотой падает, примерно на $\frac{1}{2}$—1° с поднятием вверх на каждые 100 метров. В стратосфере этого не происходит: начиная от нижней ее границы, лежащей в среднем на высоте

* Надо ли напоминать, что из этих 9 подъемов три совершены советскими пилотами? У всех в памяти подъем стратостата «СССР-1» в 1933 г. на высоту 19 *км* (командир Прокофьев), подъем «ОАХ-1» в том же году на 22 *км*, поставивший превзойденный лишь в 1935 г. мировой рекорд высоты (командир Федосеенко) и подъем «СССР-1-бис» в 1935 г. на 16,2 *км* (командир Зилле). Высший подъем совершен американскими стратонавтами в ноябре 1935 г., — до высоты 22 066 *м.*

12 *км* *, до 36 *км* температура стратосферы остается неизменной. Замечательно, что стратосфера над экваториальным поясом гораздо холоднее, чем над умеренным и холодным поясами: в то время как у нижней границы стратосферы в экваториальных странах отмечен мороз в 70—90°, в полярных странах он достигает всего 50—45°. (Теория, предложенная советским аэрологом П. А. Молчановым, исчерпывающе объясняет это озадачивающее явление).

Есть основания утверждать, что выше непосредственно исследованных высот (т. е. выше 36 *км*) температура стратосферы п о в ы ш а е т с я. На высоте 40 *км* она близка к нулю Цельсия; на высоте 50 *км* господствует почти комнатная температура (+ 17°Ц), на 60 *км* она равна температуре человеческого тела (37°Ц).

Помимо распределения температуры, оба яруса атмосферы отличаются и рядом иных признаков. Тропосфера плотнее стратосферы, заключает почти всю влагу атмосферы и засорена пылью, отсутствующей в стратосфере. Август Пикар так описывает свои впечатления от пребывания в стратосфере на высоте 16 *км*:

«Небо — самое захватывающее из того, что мы видели. Оно совершенно темное, глубоко синее, почти черное. Так и должно быть, потому что небо содержит здесь только десятую долю той массы воздуха, который образует небо, привычное для наших глаз. Вдесятеро меньшее число молекул извлекает из белого солнечного света синюю составную часть и рассеивает ее по всем направлениям. Далее от зенита небо светлеет; к горизонту оно еще светлее... Вокруг нас голубое небо резко ограничено горизонтальной линией — границей тропосферы. Последняя видна вдали

* На экваторе стратосфера начинается на высоте 17—18 *км*; граница ее постепенно понижается с приближением к полюсам, где она расположена на высоте 8—9 *км*.

совершенно белой, подобно морю облаков. Между нами и поверхностью Земли находится $^9/_{10}$ всей атмосферы (по массе). Внизу все кажется серым на сером».

Три особенности стратосферы представляют значительный интерес не только теоретический, но и практический: 1) слой Хивисайда, 2) слой озона, 3) космические лучи.

Слоем Хивисайда называют слой стратосферы, богатый ионизованными частицами (несущими электрический заряд) и свободными электронами. Этот газовый слой непроницаем для радиоволн — обстоятельство, имеющее первостепенное значение в радиопередаче на большие расстояния; можно сказать, что только существование слоя Хивисайда делает дальнюю радиопередачу возможной.

Слой Хивисайда расчленяется на два слоя: «нижний Н-слой» на высоте 100—150 *км* и «верхний Н-слой» на высоте 200—800 *км*. Нижний слой состоит из азота и кислорода, верхний — из водорода.

Слой озона. Озон — видоизменение кислорода; молекулы его состоят из трех атомов, между тем как молекулы кислорода составлены из двух атомов. В тропосфере озона очень мало; мнение, будто им богат воздух хвойного леса, основано на недоразумении. В сколько-нибудь значительных количествах скопляется он лишь в стратосфере, на высоте — по новейшим данным — 20 *км*. Озонный слой имеет исключительно важное значение для обитателей земного шара: он поглощает ту часть ультрафиолетовых лучей, которая вредна для живых организмов; следовательно, слой озона обусловливает возможность существования органического мира на нашей планете.

Космические лучи — это особый род излучения, проникающий в земную атмосферу откуда-то извне, из далеких глубин вселенной. Источник и условия возникновения этих лучей остается пока загадкой, несмотря на давно (с 1900 г.) ведущиеся исследования. Неясна и физическая

природа этих лучей, так сильно привлекающих к себе внимание ученых. * «Космическое излучение, — говорит один исследователь, — единственное в своем роде явление в современной физике по малости вызываемых им эффектов, по тонкости методов изучения, по смелости порождаемых им гипотез и по грандиозности выводов».

Космические лучи сильно поглощаются воздушной оболочкой Земли и потому в стратосфере проявляют свое действие значительно сильнее, чем близ земной поверхности — на высоте 16 *км*, например, в сотни раз.

В заключение привожу список книг на русском языке, посвященных стратосфере.

Труды Всесоюзной конференции по изучению стратосферы. 1935.

П. А. Молчанов. Тропосфера и стратосфера. 1934.

Его же. Полеты в стратосферу. 1935.

Н. А. Рынин. В стратосферу. 1934.

В. И. Виткевич. Стратосфера, ее основные свойства и методы исследования. 1935.

Ю. Бартельс. Физика высоких слоев атмосферы. 1934.

Его же. Высшие слои атмосферы. 1932.

Д. О. Святский. Что такое стратосфера. 1935.

Подробная литература предмета приведена: русская — в книге Святского, иностранная — в книгах Бартельса.

11.

МЕЖПЛАНЕТНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ.

В связи с вопросом о возможности межпланетных сообщений интересно коснуться и другой естественно связанной с ним темы — межпланетных сношений помощью оптических или иных сигналов. Ограничимся здесь беглой справкой.

---

* Установлено лишь, что часть космического излучения представляет собой поток наэлектризованных частиц (электронов).

Впервые в серьезной форме вопрос этот был поставлен в двадцатых годах XIX века знаменитым германским математиком Гауссом. Немецкий астроном Груитуйзен, горячий сторонник обитаемости Луны разумными существами, излагал проект Гаусса так:

«Вот основная идея Гаусса: нужно показать жителям Луны то геометрическое построение, с помощью которого обыкновенно доказывается Пифагорова теорема. Средство — культура земной поверхности где-нибудь на громадной равнине. Чтобы изобразить геометрические фигуры, нужно пользоваться контрастом между темными полосами лесов и золотисто-желтыми площадями хлебных полей. Это удобнее сделать в стране, где жители только временно пользуются обрабатываемой землей и следовательно легко подчинятся указаниям. Таким образом выполнение данной мысли не потребовало бы чрезмерных затрат. Гаусс говорил об этом с глубокой серьезностью. Он придумал еще один способ завязать сношения с обитателями Луны. Способ состоит в применении гелиотропа, — прибора, изобретенного Гауссом и могущего служить не только для измерения углов с весьма длинными сторонами, но и для передачи сигналов. По мысли Гаусса, нет даже необходимости составлять из зеркал громадную отражающую поверхность; достаточно известного числа хорошо обученных людей, с самыми обыкновенными зеркалами. Следует выбрать время, когда обитатели Луны наверное смотрят на Землю, — например, когда наша планета покрывает Венеру. Зеркала отбрасывают свет по направлению к Луне. Чтобы жители Луны узнали о нашем существовании, нужно прерывать этот свет через равные промежутки времени; так можно сообщить им числа, которые имеют большое значение в математике. Конечно, чтобы эти знаки привлекли внимание, нужно выбрать подходящий день, когда яркость света, отраженного гелиотропом, будет особенно

велика. Гаусс предпочитал математические знаки, потому что у нас и у обитателей далеких миров могут оказаться общими только основные математические понятия».

Попыток осуществить этот проект не делалось.

В 1890 году много и оживленно обсуждался вопрос о сношении, помощью оптических сигналов, с предполагаемыми обитателями Марса. При таком настроении умов некоторые замеченные на Марсе явления были приняты за световые сигналы. «Как раз в то время, когда пылкие умы старались измыслить средства, чтобы установить сношения между планетами, некоторые наблюдатели, вооруженные весьма сильными телескопами, заметили своеобразные световые выступы на границе освещенной и ночной половин Марса. Выступы эти держались слишком долго, чтобы их можно было принять за цепь облаков; казалось, обширные области планеты начали светиться, едва над нами опускалась ночь... Для многих не оставалось сомнения, что здесь мы усматриваем огненные знаки с этого далекого мира. К сожалению это не подтвердилось: Кемпбелл вполне понятным образом объяснил появление этих световых выступов как обширные горные области (залитые солнечным светом)... В 1892 г. и 1894 г. световые места наблюдались опять. Они появлялись всего в определенных местах, именно лишь в тех желтых областях, которые астрономы считают материками. Кемпбелл дает следующее объяснение этому явлению: «Марс находится от нас на расстоянии 63 миллионов километров. Мы могли брать увеличения в 350—520 раз, и планета приближалась к нам на расстояния в 180 000 *км* и 120 000 *км*. Расстояние Луны от нас вдвое—втрое больше. Однако мы можем просто глазом видеть на границе дневной и ночной половин светлые выступы, образуемые горными цепями и большими кратерами» (В. Мейер. Мироздание). Сходное наблюдение и толки повторялись и в декабре 1900 г.,

когда американский астроном Дуглас заметил на Марсе яркое пятно, державшееся в течение часа.

В недавнее время снова заговорили о проектах оптической сигнализации на Марс, опираясь на современные прожекторы, сосредоточивающие огромные количества света.

Мощные прожекторы наших авиационных маяков действительно превосходят то, о чем можно было только мечтать полтора десятка лет тому назад. Отбрасываемый ими свет, яркостью в миллиард свечей, виден невооруженным глазом с расстояния 300—400 *км*. Будь такой маяк на Луне, мы могли бы увидеть его свет в наши телескопы. Естественна мысль воспользоваться подобными орудиями современной осветительной техники, чтобы послать весть о себе на Марс. Как сделать чтобы марсиане поняли этот сигнал и приписали ему то значение, которое мы хотим вложить, — именно демонстрации разумности земных обитателей? Можно, следуя проекту Гаусса, расположить яркие источники света так, чтобы они образовали определенную геометрическую фигуру, например чертеж Пифагоровой теоремы. Если марсиане действительно настолько разумны, как мы полагаем (иначе не стоит, пожалуй, с ними и заводить сношений), они догадаются ответить нам чертежом другой теоремы, — например Гиппократовых луночек.

Трезвый расчет не оставляет, однако, никакой надежды на осуществление этих заманчивых возможностей. Чтобы земной чертеж можно было усмотреть на Марсе в телескопы нашей, примерно, силы, надо придать его линиям толщину километров в 20, а самый чертеж раскинуть на пространстве целого государства. И — что всего хуже — яркость источников должна исчисляться не миллиардами свечей, а десятками триллионов...

Если так, то нельзя ли воспользоваться в качестве источника света самим Солнцем, отражая его лучи огромными зеркалами, сооруженными где-нибудь в Сахаре или

в Бразилии? Однако пришлось бы придать этому зеркалу невероятные размеры: оно должно быть в десятки километров поперечником. Это во-первых. Второе возражение серьезнее. Сторонники этого проекта забывают о том, как расположены по отношению друг к другу обе планеты в период наибольшего сближения. Ведь тогда Земля и Марс находятся по одну сторону от Солнца, на одной прямой линии с ним. В эти моменты Земля как раз обращена к Марсу своей ночной половиной, и мы можем отбросить солнечные лучи куда угодно, только не на Марс...

Изобретение беспроволочного телеграфа направило мысль о межпланетных сношениях на новый путь. Особенно много говорилось об этом в конце 1900 года, когда знаменитый американский электротехник Тесла сообщил, что ему удалось заметить загадочные электрические сигналы при производстве опытов на большой высоте. «Тесла наблюдал, — читаем мы в английском научном журнале 1901 г., — на специальном приборе повторные электрические колебания, причина которых заставляла его теряться в догадках. Он пришел к мысли, что они обязаны своим происхождением токам, идущим от планет, и теперь полагает, что было бы вполне возможно посредством усовершенствованного аппарата сноситься с их обитателями». Далее, со слов Тесла, сообщалось, что он приступает к постройке аппарата, который даст возможность послать на Марс количество энергии, достаточное для воздействия и на электрические приемники, вроде телеграфов и телефонов. «Я не сомневаюсь, — писал Тесла, — что с помощью надлежащим образом построенного аппарата возможно переслать энергию на другие планеты, например на Марс и Венеру, даже при наибольшем их удалении от Земли. Мой метод даст практическое разрешение вопроса передачи и получения сообщений с планет». Однако это предположение ни к чему не привело, и вызванная заявле-

нием Тесла оживленная полемика в печати вскоре прекратилась. *

Оживление интереса к этой проблеме наступило вновь лишь в самое последнее время. В 1920 и 1922 г. неоднократно отмечались случаи приема радиостанциями таких сигналов, для которых, по некоторым соображениям, затруднительно допустить земное происхождение; это обстоятельство, — в связи с тем, что сигналы наблюдались как раз в эпохе наибольшей близости Марса к Земле, — побудило искать станцию отправления загадочных сигналов именно на этой планете.

В 1920 г. в Анды (Южн. Америка) были направлены лучшие радиотехники Маркониевой компании с особо чувствительными приемниками, настроенными на длину волны 300 *км* (почему-то предполагалось, что марсиане работают именно на этой волне). Но никаких сигналов принято не было. «Все приборы, — гласило официальное сообщение, — настроенные на длину волны в 300 000 *м*, — не обнаружили никаких признаков радиоволн в момент нахождения Марса на ближайшем расстоянии от Земли». Столь же безрезультатна была экспедиция самого Маркони в Средиземное море для уловления предполагаемых сигналов (также в 1920 г.), и попытки принять сигналы Марса на 24-ламповый приемник во время «великого противостояния» 1924 г.

Не было недостатка и в проектах обратного сигнализирования по радио — с Земли на Марс. В том, что марсиане располагают радиоприемником, у авторов проектов не возникало сомнения. Затруднение было лишь в том, чтобы достичь взаимного понимания человечеств обеих планет. Небезызвестный немецкий физик-популяризатор Ганс

* Эти толки о сигналах с планет нашли себе, между прочим, отклик в романе Уэллса «Первые люди на Луне».

Д о м и н и к в своей книге «В волшебном мире техники» *
предлагает осуществить взаимное понимание следующим образом:

«Мы могли бы, например, — пишет Г. Доминик, — протелеграфировать в пространство величины сторон первых Пифагоровых треугольников, — скажем числа 3, 4 и 5, потому что $3^2+4^2=5^2$. Со стороны мыслящих, математически образованных существ можно было бы ждать только одного ответа на такую телеграмму, а именно чисел 5, 12 и 13, потому что $5^2+12^2=13^2$. Такой ответ сразу установил бы между обеими планетами контакт. Простые Пифагоровы числа могли бы уже послужить поводом договориться насчет особых знаков для понятий плюс, минус, равенство. Следующим шагом было бы установление какой-нибудь общей системы координат. Обладая ею, можно было бы при помощи простых числовых телеграмм обмениваться всевозможными изображениями. Уже спустя несколько недель по установлении такой связи мы могли бы здесь располагать портретами жителей Марса».

Оставляя в стороне фантастические возможности, рассмотрим, какие физические и технические трудности стоят на пути к осуществлению радиосвязи с планетами на практике.

Прежде всего надо указать, что хотя на земной поверхности для современного радиотелеграфа более не существует уже непреодолимых расстояний, передаваться *вверх* электрические волны могут беспрепятственно всего лишь на сотню или на две километров. Дело в том, что на высоте 100—800 *км* простирается слой разреженной атмосферы, отличающейся от нижележащих слоев значительною электропроводностью. Этот так наз. «слой Хивисайда» —

* Русский перевод в издании ГИЗ, 1925 г., последняя глава книги.



непрозрачен для электрических волн большой и средней длины: он частью отражает падающие на него электрические лучи назад, частью поглощает их, не выпуская наружу. Газовый экран, охватывающий земной шар непроницаемой оболочкой, прозрачен до некоторой степени лишь для электрических лучей, которые направлены к точке зенита, — но энергия ослабленных волн, проникающих через зенитное окошечко, чересчур ничтожна, чтобы заставить работать аппараты отдаленных станций. Только волны короче 10 *м* могут проникать через слой Хивисайда и покидать нашу планету. Но здесь для передачи сигналов на Марс возникает новое препятствие. Допустим, — ради внесения определенности в задачу, — что чувствительность марсовых приемников одного порядка с чувствительностью самых совершенных земных аппаратов; тогда для успешной передачи сигнала на Марс потребовалась бы, согласно вычислениям специалистов, радиотелеграфная станция не менее чем в 20 000 000 киловатт... Вспомним, что сильнейшая радиостанция мира — наш «Коминтерн» — обладает мощностью только в 500 киловатт.

Подобные затруднения вероятно возникли бы и для обитателей Марса, если бы они пожелали установить радиосвязь с нами — их электрические волны, уже проникшие через слой атмосферы Марса, должны были бы отразиться от непроницаемой для электрических лучей наружной оболочки нашей атмосферы. Недавно полученные (И. Е. Муромцевым, инженером электрической компании «Вестингхауз») ультракороткие радиоволны длиною 42 *см* вовсе не отражаются слоем Хивисайда. Они могут свободно покидать земной шар и глубоко проникнуть в мировое пространство. Так как они, к тому же, не расходятся во все стороны, а могут быть направлены узким пучком, то энергия их не ослабевает с расстоянием. Естественно поэтому, что многие смотрят на них как на удобное средство для

установления радиотелеграфной связи с Марсом (хотя инженеры «Вестингхауза» не разделяют этих оптимистических надежд).

Надо заметить, что проблема межпланетной сигнализации при ближайшем рассмотрении оказывается гораздо более трудно разрешимой, чем кажется с первого взгляда. И самое главное затруднение даже не в тех технических препятствиях, о которых здесь говорится. Важнейшее затруднение в том, что всякая сигнализация — будь то оптическая, электрическая или какая-либо иная — предполагает существование адресата, который мог бы принять и понять эту сигнализацию. Пока нет твердой уверенности в существовании такового, сигнализация почти наверняка обречена на неуспех. И как ни странно это звучит — больше вероятия, что люди когда-нибудь сами прилетят на Марс, нежели что они получат от марсиан ответ на свою межпланетную телеграмму.

12.

КНИГИ ПО РАКЕТНОМУ ЛЕТАНИЮ И ЗВЕЗДОПЛАВАНИЮ.*

На русском языке

Бобров Н. Н. «Большая жизнь. Циолковский». 1933. Стр. 36.

Иллюстрированная биография Циолковского.

Кондратюк Ю. В. «Завоевание межпланетных пространств». 1929. Стр. 72.

---

* В предшествовавших изданиях книги этот раздел имел заголовок «Люди и книги» и был перечнем деятелей, выдвинувшихся на поприще ракетного дела. Сейчас, однако, число людей, занятых ракетной проблемой, у нас и за рубежом настолько возросло, что от составления их поименного перечня приходится отказаться. Ограничиваюсь здесь поэтому указанием одной лишь книжной литературы.

Содержание. Предисловие автора и проф. В. П. Ветчинкина. Данные ракеты. Формула нагруженности. Скорость выделения. Химический материал. Процесс сгорания. Конструкция камеры сжигания и извергающей трубы. Типы траекторий и требуемые ракетные скорости. Максимум ускорения. Действие атмосферы на ракету при отправлении. Поглощение скорости возврата сопротивлением атмосферы. Межпланетная база. Управление ракетой. Общие перспективы. Эксперименты и исследования.*

Королев С. П. инж. «Ракетный полет в стратосфере». 1934. Стр. 110.

Содержание. Для чего нужны полеты в стратосфере? Пути и методы ее завоевания. Самолет с высотным авиамотором. Самолет с ракетным двигателем. История возникновения ракетных двигателей; их элементы, классификация, характеристика. Аппараты и ракетные двигатели на твердом и на жидком топливе. Воздушные ракетные двигатели и аппараты. — В книге 45 рисунков.

Ноордунг, Герман. «Проблема путешествия в мировом пространстве». Сокращенный перевод с немецкого.

Перевод книги германского военного инженера, скрывшегося под псевдонимом Noordung, довольно подробно передает ее разнообразное содержание: вопросы тяготения, теория ракеты, полеты в мировом пространстве, подъем и спуск ракетных аппаратов, обстановка невесомости, температура в мировом пространстве, межпланетная станция, скафандры, практические следствия звездоплавания, его перспективы. — В книге 100 рис.

Перельман Я. И. Кроме настоящего сочинения, мною составлены следующие книги, относящиеся к звездоплаванию:

---

* Биографические сведения об изобретателе-самоучке Ю. В. Кондратюке помещены в книге проф. Н. А. Рынина. Теория космического полета, стр. 341—346.

«Ракетой на Луну». 1930—1934. Стр. 78.

«К звездам на ракете». 1933—34. Стр. 77.

«Циолковский, его жизнь, изобретения и научные труды». 1924.

Другие, изданные мною брошюры («Полет на Луну», 1924, «В мировые дали», 1930), ныне распроданные, устарели и более мною не переиздаются.

Родных А. А. «Ракеты и ракетные корабли». 1934. Стр. 63. Популярный очерк

Рынин Н. А., проф. «Межпланетные сообщения».

Вып. I. «Мечты, легенды и первые фантазии» 1928. Стр. 108.

Вып. II. «Космические корабли в фантазиях романистов». 1928. Стр. 160.

Вып. III. Лучистая энергия в фантазиях романистов и в проектах ученых». 1931. Стр. 154.

Вып. IV. «Теория реактивного движения». 1929. Стр. 64.

Вып. V. «Ракеты». 1929. Стр. 216.

Вып. VI. «Суперавиация и суперартиллерия». 1929. Стр. 218.

Вып. VII. «К. Э. Циолковский. Его жизнь, работы и ракеты». 1931. Стр. 112.

Вып. VIII. «Теория космического полета». 1932. Стр. 358.

Вып. IX. «Астронавигация. Летопись и библиография». 1932. Стр. 220.

Большинство выпусков обильно иллюстрировано

Вып. VIII содержит, между прочим, переводы (сжатые) сочинений выдающихся зарубежных деятелей звездоплавания: Эно-Пельтри, Годдарда, Оберта, Гоманна и др. (о трудах этих авторов — см. далее, в разделе иностранной литературы).

Тихонравов М. К. «Ракетная техника». 1935. Стр. 77.

Содержание. Тяга ракеты. Скорость истечения. Порох, как топливо. Жидкое топливо. Металлическое топливо. Окислители. Подача. Баки. Трубопроводы. Подготовка смеси. Камера сгорания. Охлаждение камеры. Сопло. Управление двигателем. Испытание ракет. Корпус ракеты. Взлет и посадка. Конструкции. К. п. д. летящей ракеты. Применение ракет. — В книге 53 рис.

Книга инж. Тихонравова, а также названная выше книга инж. Королева, выдающихся советских специалистов ракетного дела, отличаются, несмотря на малый объем, богатством содержания, современностью и технической доброкачественностью материала.*

Цандер Ф. А., инж. «Проблема полета при помощи реактивных аппаратов». 1932. Стр. 76.

Теоретическое рассмотрение технических вопросов ракетного летания.

Циолковский К. Э. «Избранные труды». Под ред. инж. Е. В. Латынина, Я. А. Рапопорта и Ф. А. Цандера. С биографич. очерком проф. И. Д. Моисеева. Кн. II «Реактивное движение».**

Содержит статьи: Ракета в космическое пространство. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Условия жизни в эфире. Космическая ракета. Ракетные космические поезда. Новый аэроплан. Давление на плоскость при ее движении в воздухе. Реактивный аэроплан. Стратоплан полуреактивный.

В этом томе собраны все наиболее важные научные ра-

---

* Во время печатания настоящего сочинения появилась превосходная книга Лангемака и Глушко «Ракеты и их применения».

** Кн. I посвящена металлическому дирижаблю Циолковского и биографическому очерку.

боты К. Э. Циолковского, относящиеся к ракетам и звездоплаванию.

Из популярных его трудов отдельно изданы:

Циолковский К. Э. «Тяжесть исчезла». 1933. Стр. 118.

Семь общепонятных очерков из области астрономии.

Его же. «Вне Земли». Повесть. 1920. Стр. 115.

Изложение идей автора в беллетристической форме.

Его же. «На Луне. Грезы о земле и небе». С биографическим очерком К. Э. Циолковского, составленным Я. И. Перельманом. 1935.

Сборник «Реактивное движение», изданный (в 1935 г.) реактивной группой военно-научного комитета ЦС Союза Осоавиахима, содержит, между прочим, след. статьи:

Давыдов В. А. «Пути развития авиации и реактивное движение».

Душкин Л. С. «Основные положения общей теории реактивного движения».

Ветчинкин В. П., проф., «Вертикальное движение ракет».

Меркулов И. А. «Построение траекторий реактивных аппаратов».

Франкль Ф. «Вихревое движение и обтекание тел в течении сверхзвуковой скорости».

Ветчинкин В. П., проф., «Несколько задач по динамике реактивного самолета».

Ряд статей по вопросам, относящимся к ракетной проблеме, помещен в изданных Всесоюзной Академией Наук «Трудах Всесоюзной конференции по изучению стратосферы» (1934). Перечислим главнейшие:

Рынин Н. А. «Методы освоения стратосферы».

Мачинский М. В. и Штерн А. Н. «Научные проблемы реактивного движения».

Они же. «Проблема двигателей прямой реакции».

Мачинский М. В. «О горизонтальном полете ракетоплана».

Тихонравов М. К. «Применение ракетных летательных аппаратов для исследования стратосферы».

Королев С. П. «Полет реактивных аппаратов в стратосфере».

Приведенный список книжной литературы по звездоплаванию на русском языке можно пополнить несколькими художественными произведениями, трактующими ракетную проблему.

Беляев А. Р. «Прыжок в ничто». 2-ое изд. 1935 г. Предисловие К. Э. Циолковского. Научная редакция Я. И. Перельмана. Послесловие Н. А. Рынина.

Многостороннюю проблему межпланетного полета на ракетном корабле романист разрабатывает в духе идей Циолковского.

Гайль Отто Вилли. «Лунный перелет». 1930 Предисловие к переводу и научная редакция Я. И. Перельмана.

Роман немецкого инженера-журналиста представляет удачную попытку изложить в беллетристической форме звездоплавательные идеи выдающегося германского теоретика проф. Г. Оберта.

Глебов Анатолий. «RAFI. Золото и мозг». Социальная мелодрама в 5 действиях и 8 картинах. 1929.

Дилин С. А. и Шифман М. Б. «Ракота CCI». Пьеса для детей на тему о звездоплавании. Неоднократно исполнялась Ленинградским театром марионеток.

На иностранных языках.

Отметим лишь главнейшие научные труды, не останавливаясь на довольно многочисленных теперь популярных сочинениях.

Goddard, Robert H. «A Metod of Reaching extreme Altitudes». 1919.

«Метод достижения крайних высот» американского физика проф. Роберта Годдарда представляет ценное исследование в области реактивной проблемы. Перевод этого труда (сокращенный) напечатан в книге проф. Н. А. Рынина «Теория космического полета». Содержание: теория полета ракеты; числовой пример расчета движения ракеты; вычисление минимальной массы ракеты; типы ракет и опыты с ними; опытное определение к. п. д. ракет; спуск ракеты на парашюте; вероятность встречи с метеорами.

Hohmann, Walter. «Die Erreichbarkeit der Himmelskörper». 1925.

Книга инж. Вальтера Гоманна «Досягаемость небесных тел» — обстоятельное исследование по астронавигации. Перевод — в упомянутой выше книге проф. Рынина. Содержание: отлет с Земли; возвращение на Землю; свободный полет в мировое пространство; облет небесных тел; высадка на небесные тела.

Ley, Willy. «Die Möglichkeit der Weltenraumfahrt». 1928.

Сборник «Возможность полета в мировое пространство», выпущенный под ред. Вилли Ляя, вицепрезидента германского «Общества прогрессивной техники транспорта»,* состоит из следующих статей:

В. Ляй. «В глубинах мирового пространства».

Его же. «Обитаемые миры».

К. Дебус. «Легенды о межпланетных путешествиях и фантазии об обитаемости планет с эпохи Возрождения до настоящего времени».

Г. Оберт. «Основные вопросы звездоплавания».

---

* Общество это приняло на себя функции распавшегося германского «Союза звездоплавания».

Ф. Гефт. «Горючее для звездолетов».

В. Томанн. «Пути, сроки и возможность спуска при звездоплавании».

Г. Оберт. «Станции в мировом пространстве».

Ф. Гефт. «От аэронавтики к астронавтике».

Г. Пирке. «Несбыточные пути к реализации межпланетных путешествий».

В. Зандер. «Ракета, как двигатель».

В книге приложен указатель литературы на различных языках

Ley, Willy. «Grundrisse einer Geschichte der Rakete». 1932. (Краткая история ракеты).

Obert, Hermann. «Wege zur Raumschiffahrt». 1929.

Книга немецкого астронома и метеоролога проф. Г. Оберта «Пути к звездоплаванию», охватывающая почти все теоретические и практические стороны проблемы, удостоена (в третьем издании) премии Французского Астрономического общества. Подробное извлечение из этого труда приведено в книге Н. А. Рынина «Теория космического полета». Главные отделы сочинения: I. Предварительные сведения. II. Физико-технические вопросы. III. Конструктивные вопросы. IV. Возможные применения.

Esnault Pelterie, Robert. «L'exploration par fusées de la très haute atmosphère et la possibilité des voyages interplanétaires». 1928.

Труд выдающегося деятеля французской авиации Роберта Эно-Пельтри (конструктора аэроплана REP) «Исследование высших слоев атмосферы помощью ракет и возможность межпланетных путешествий» был издан в Париже Французским Астрономическим обществом.* Содержа-

* Сообщение некоторых немецких авторов о том, что Пельтри в 1912 г. делал в Петербурге доклад о звездоплавании — ошибочно.

ние. Движение ракеты в пустоте и в воздухе. Использование ракет для исследования высших слоев атмосферы или для межпланетного путешествия. Необходимые условия для отправления живых существ. Научное значение посещения иных миров — Предмет рассматривается с теоретической стороны; вопросов практических, конструктивных автор не затрагивает. (Извлечение — см. кн. проф. Н. А. Рынина «Теория космического полета»). Эно-Пельтри принадлежит термин «звездоплавание» («астронавтика»), введенный — с одобрения К. Э. Циолковского — в русскую литературу Я. И. Перельманом.

«Die Rakete». Zeitschrift für Raumschiffahrt. (1927 — 1929.

Журнал «Союза звездоплавания», ежемесячник «Ракета», выходивший в Бреславле в течение трех лет под редакцией инженера-изобретателя Иоганна Винклера, заменен был краткими сообщениями («Mitteilungen», затем «Raketenflug»), а с 1933 г. слился с журналом «Das neue Fahrzeug», являющимся бюллетенем «Общества прогрессивной техники транспорта».

13.

СОБЫТИЯ И ГОДЫ.

Краткая летопись звездоплавания.

1881. Кибальчич составляет проект ракетной летательной машины.

1903. Циолковский публикует в «Научном обозрении» основы теории ракетного летания («Исследование мировых пространств»).

1911 — 12. В «Вестнике воздухоплавания» печатается вторая часть «Исследования» Циолковского.

1912. 15 сент. Эно-Пельтри читает во Французском Астрономическом обществе, в Париже, доклад о возможности межпланетных перелетов.

1914. Появляется дополнительная часть «Исследования» Циолковского.

1915. Выходит в свет первая общедоступная книга по звездоплаванию — «Межпланетные путешествия» Перельмана.

1919. В «Известиях Смитсонианского Института» в Вашингтоне печатается исследование Годдарда о ракетах («Способ достижения крайних высот»).

1923. Книга Оберта «Ракета в межпланетное пространство» (Мюнхен).

1924. Слух о готовящейся отправке Годдардом ракеты на Луну привлекает внимание широких масс к идее звездоплавания.

1925. Книга Гоманна «Достижимость небесных тел» (Мюнхен).

1926. Циолковский выпускает дополненное издание своего «Исследования мировых пространств».

1927. В Бреславле начинает выходить журнал «Ракета». Учреждается в Германии «Союз звездоплавания».

1928. Книга Энэ-Пельтри «Возможность межпланетных путешествий» (Париж).

Коллективный труд Оберта, Гоманна и др. «Возможность межпланетных перелетов» (Лейпциг).

Первый выпуск энциклопедии звездоплавания Рынина «Межпланетные сообщения» (Ленинград).

При Французском Астрономическом обществе учреждается премия за работы по звездоплаванию.

Опыты с ракетными автомобилями в Германии.

Подъем Штамера на ракетоплане (11 июля).

1929. Оберт строит ракету с жидким зарядом.

Опыты Валье с ракетными санями.

Опель совершает полет на безмоторном самолете с ракетой.

Годдард в Америке первый в мире пускает ракету с жидким зарядом (18 июня).

Книга Оберта «Пути к звездоплаванию».

Книга Юр. Кондратюка «Завоевание межпланетных пространств» (Новосибирск).

1930. Первая жертва звездоплавания: гибель Валье при пуске ракеты с жидким зарядом (17 мая).

Открывается первый в мире ракетодром — Берлинский (27 сентября).

1931. Винклер первый в Европе пускает жидкостную ракету (14 марта).

Первый старт жидкостной ракеты на Берлинском ракетодроме (14 мая).

1932. Всесоюзное чествование Циолковского по поводу 50-летия его деятельности.

1934. Всесоюзная конференция по изучению стратосферы (Ленинград)

Испытание в полете первой советской жидкостной ракеты в Москве

Выходит в свет собрание трудов Циолковского по реактивному движению.

1935. Первая Всесоюзная конференция по применению ракетных аппаратов для исследования стратосферы.

СОДЕРЖАНИЕ

КНИГИ ТОГО ЖЕ АВТОРА

«Занимательная астрономия», 2-е изд. 1935.

«К звездам на ракете», 2-е изд. 1934.

«Ракетой на Луну», 4-е изд. 1935.

«Знаете ли вы физику», 2-е изд. 1935.

«Занимательная физика», кн. 1-я, 12-е изд. 1935.

«Занимательная физика», кн. 2-я, 12-е изд. 1935.

«Физика на каждом шагу», 2-е изд. 1934.

«Занимательная механика», 4-е изд. 1935.

«Занимательная арифметика», 8-е изд. 1935.

«Занимательная алгебра», 21е изд. 1934.

«Занимательная геометрия», 5-е изд. 1935.

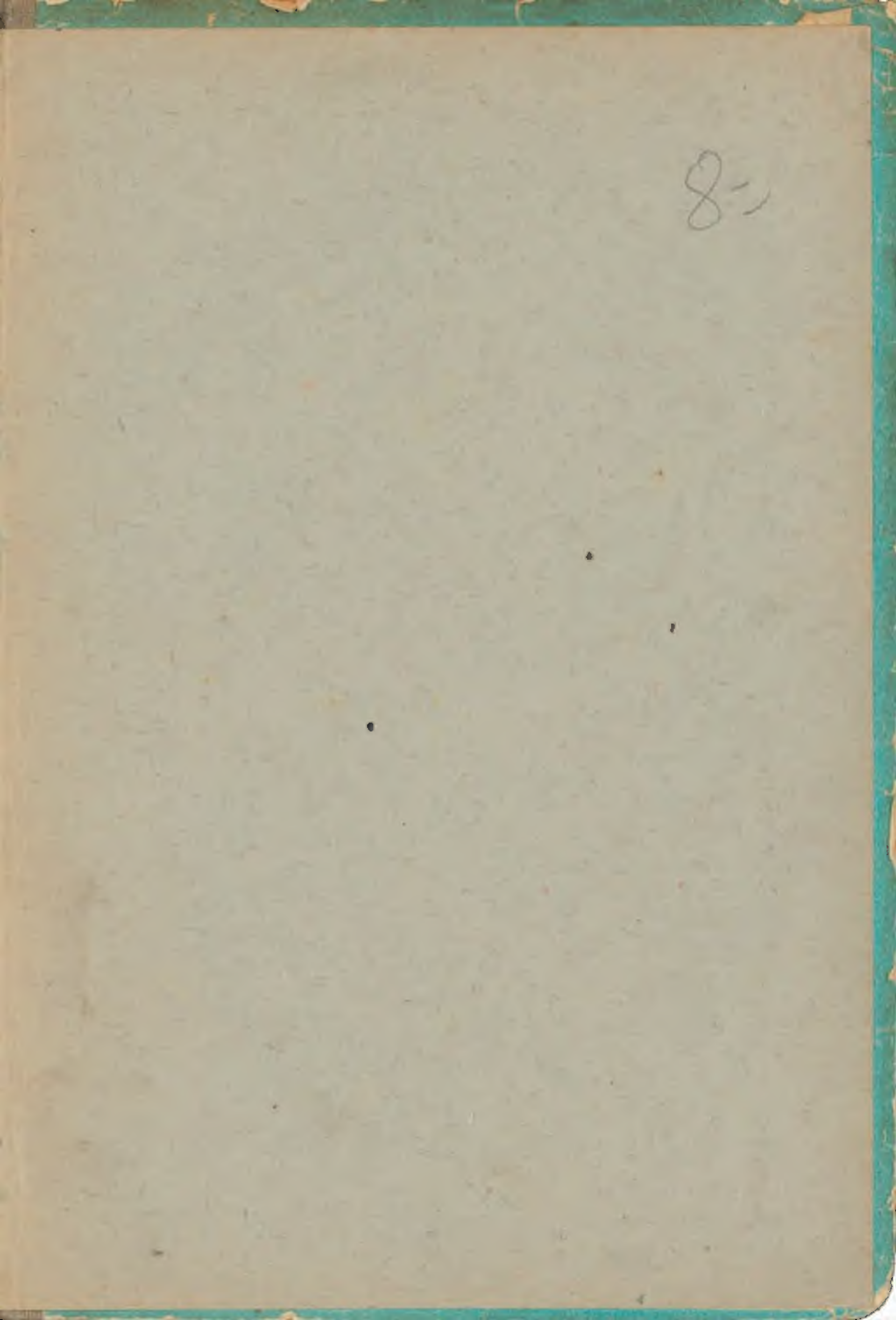
«Занимательные задачи», 4-е изд. 1935.

«Живая математика», 2-е изд. 1935.

«Фокусы и развлечения», 4-е изд. 1935.



Редактор *Е. В. Пулькина.* Корректор *Н. Н. Кузьмин.* Техн. редактор *Р. В. Эмдина.*
Сдана в набор 9/IX 1935 г. Подписана к печати 11/XI 1935 г.
Формат $82 \times 110^1/_{32}$. ГТТИ № 205. Тип. зн. в 1 бум. л. 138.240—авт. л. 18,4.
Ленгорлит № 30743. Тираж 50.000 экз. Бум. листов $3^1/_2$. Заказ № 1047.


8-

